

**LA INDAGACIÓN COMO ACTIVIDAD CIENTÍFICA ESCOLAR PARA
PROMOVER MODELOS DEL CONCEPTO DE ÓSMOSIS EN ESTUDIANTES
DE SÉPTIMO GRADO**

INDIRA FRANCO GHISAYS

MÓNICA PÁEZ VILLA

YOHANNA GARCÍA ELGUEDO

Trabajo de investigación para optar el título de Magíster en Educación

Director

Dr. RAFAEL AMADOR



**UNIVERSIDAD DEL NORTE
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
BARRANQUILLA - ATLÁNTICO**

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DE JURADO

JURADO

JURADO

Tabla de contenido

1	Introducción	1
2	Planteamiento del problema	3
3	Justificación	5
4	Marco teórico	7
4.1	La indagación	7
4.1.1	Antecedentes de la Indagación en el campo de la Didáctica de la Ciencia	7
4.1.2	Conceptualización	8
4.1.3	La indagación en la ciencia escolar	9
4.1.4	Indagación como una auténtica actividad científica escolar	10
4.1.5	Aspectos fundamentales de la indagación como actividad científica escolar	17
4.1.5.1	<i>Observar</i>	19
4.1.5.2	<i>Predecir</i>	20
4.1.5.3	<i>Hipotetizar</i>	21
4.1.5.4	<i>Poner a prueba las hipótesis</i>	23
4.1.5.5	<i>Trabajo en equipo</i>	24
4.1.5.6	<i>Modelizar</i>	25
4.2	Modelos y modelización en la didáctica de las ciencias	27
4.2.1	La modelización en la didáctica de las ciencias	33
4.2.2	Antecedentes de la modelización en el campo de la didáctica de las ciencias	37
4.2.3	Modelos mentales expresados	42
4.2.4	Modelos explicativos	45
4.2.5	Modelos icónicos	47
4.2.6	Modelo Icónico- explicativo	48
4.3	Modelo Científico Escolar de Ósmosis	49
4.3.1	Células: Las unidades estructurales básicas	49
4.3.2	Características, composición y función de la membrana plasmática	52
4.3.3	La bicapa fosfolípida: la unidad estructural básica de las membranas biológicas	55
4.3.4	¿Cómo pasan los materiales a través de las membranas celulares?	59
4.3.5	Ósmosis y paso de iones	62

4.4	Unidades didácticas en la enseñanza de la ciencia escolar.....	66
5	Objetivos	69
5.1	Objetivo General	69
5.2	Objetivos Específicos.....	69
6	Marco Metodológico.....	70
6.1	Enfoque de investigación.....	70
6.2	Diseño metodológico	71
6.3	Participantes	79
6.4	Caracterización de la Unidad didáctica	79
7	Análisis de resultados	83
7.1	Aspectos de la indagación.....	83
7.2	Análisis de los aspectos de la indagación.....	87
7.3	Categorización de los modelos expresados icónico, explicativos e icónico – explicativos.	99
7.3.1	Modelos parciales 1 y 2	101
7.3.2	Modelo final.....	101
7.4	Análisis de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 1 de la UD	101
7.5	Análisis de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2.	108
7.5.1	Análisis de los modelos expresados en la fase 2 macroscópica	114
7.6	Análisis de los modelos expresados en la fase 3 de la UD.	118
7.7	Progresión de los modelos	126
8	Conclusiones	137
9	Recomendaciones.....	13743
10	Referencias Bibliográficas	144
11	Anexos	155
11.1	La Indagación y Modelización como ACE.....	155
11.2	Modelo Científico Escolar de Ósmosis	15556
11.3	Unidad Didáctica FASE 1	15557
11.4	Unidad Didáctica FASE 2	161
11.5	Unidad Didáctica FASE 3	166
11.6	Aspectos por actividad.....	170
11.7	Aspecto y Entidades de Modelo Científoc Escolar de Ósmosis	15573
11.8	Aspectos y entidades valoradas en los modelos contruidos por los estudiantes	15574

Lista de tablas

Tabla 4-1 Aportes de las diferentes posturas teóricas al redor de los modelos y la modelización	32
Tabla 6-1 Categorías de los modelos analizados.....	78
Tabla 6-2 Caracterización de la UD aplicada.	81
Tabla 7-1 Criterios y razones definidos para cada aspecto de la indagación	85
Tabla 7-2 Respuestas (datos) de los estudiantes relacionadas con la predicción	88
Tabla 7-3 Respuestas (datos) de los estudiantes relacionadas con la observación	90
Tabla 7-4 Respuestas (datos) de los estudiantes relacionadas con plantear hipótesis	91
Tabla 7-5 Respuesta (datos) de los estudiantes relacionadas con poner a prueba las hipótesis	93
Tabla 7-6 Respuesta (datos) de los estudiantes relacionados con el trabajo en equipo.	94
Tabla 7-7 Respuesta (datos) de los estudiantes relacionadas con la modelización	97
Tabla 7-8 Entidades valoradas en la fase 1 de la unidad didáctica	101
Tabla 7-9 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 1 de la unidad didáctica	102
Tabla 7-10 Análisis de las respuestas obtenidas por el E7 en la fase 1 de la UD	104
Tabla 7-11 Análisis de las respuestas obtenidas por el E2 en la fase 1 de la UD	105
Tabla 7-12 Análisis de las respuestas obtenidas por el E18 en la fase 1 de la UD	107
Tabla 7-13 Entidades valoradas en la fase 2 microscópica y macroscópica de la unidad didáctica aplicada	109
Tabla 7-14 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2 microscópica de la unidad didáctica.	110
Tabla 7-15 Análisis de las respuestas obtenidas por el E14 en la fase 2 microscópica de la U.D	111
Tabla 7-16 Análisis de las respuestas obtenidas por el E5 en la fase 2 microscópica de la UD.....	112
Tabla 7-17 Análisis de las respuestas obtenidas por el E10 en la fase 2 microscópica de la UD	113
Tabla 7-18 Entidades valoradas en la fase 2 macroscópica de la unidad didáctica.	115
Tabla 7-19 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2 macroscópica de la unidad didáctica.	115
Tabla 7-20 Análisis de las respuestas obtenidas por el E16 en la fase 2 macroscópica de la UD.....	116
Tabla 7-21 Análisis semántico de las respuestas obtenidas por el E20 en la fase 2 macroscópica de la UD	117
Tabla 7-22 Entidades valoradas en la fase 3 de la unidad didáctica implementada.....	119
Tabla 7-23 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 3 de la unidad didáctica.	120
Tabla 7-24 Análisis de las respuestas obtenidas por el E3 en la fase 3 de la UD	121
Tabla 7-25 Análisis de las respuestas obtenidas por el E20 en la fase 3 de la U.D	123
Tabla 7-26 Porcentaje de los niveles alcanzados en los modelos expresados en las tres fases	127
Tabla 7-27 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 1	128
Tabla 7-28 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 2 micro	129
Tabla 7-29 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 2 macro.....	131
Tabla 7-30 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 3	132

Lista de figuras

Figura 4-1 Modelos expresados	45
Figura 4-2 Representación de la interacción de los lípidos en la membrana. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación.	53
Figura 4-3 Representación del Modelo de Mosaico Fluido. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación.....	54
Figura 4-4 Representación de la interacción de los lípidos en la membrana. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación	55
Figura 4-5 Lípidos, glúcidos y proteínas.	58
Figura 4-6 Representación de la ósmosis en células vegetales y animales. Las flechas indican el movimiento neto de agua. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación.	62
Figura 6-1 Fases de la investigación de acuerdo al enfoque IAP. Elaboración propia.....	75
Figura 7-1 Estudiantes que desarrollaron predicciones como ACE a lo largo de las fases aplicadas	89
Figura 7-2 Estudiantes que lograron realizar observaciones como ACE a lo largo de las fases aplicadas	91
Figura 7-3 Estudiantes que desarrollaron hipótesis como ACE a lo largo de las fases aplicadas	92
Figura 7-4 Estudiantes que lograron poner a prueba sus hipótesis como ACE a lo largo de las fases aplicadas	94
Figura 7-5 Estudiantes que lograron trabajar en equipo como ACE a lo largo de las fases aplicadas	96
Figura 7-6 Estudiantes que desarrollaron la modelización como ACE a lo largo de las fases aplicadas	98
Figura 7-7 Número de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 1	103
Figura 7-8 Porcentaje de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 2	111
Figura 7-9 Porcentaje de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 2 macroscópica.	116
Figura 7-10 Porcentaje de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 3.	121
Figura 7-11 Progresión de los modelos expresados por fases.....	128

Dedicatorias

A Dios fuerza inagotable y fuente suprema de sabiduría, a mis ángeles de la vida, a mi familia y amigos que siempre me apoyaron en cada momento y me animaron a no desfallecer.

Indira Franco Ghisays

A Dios todo poderoso, a mi querida madre Sonia por su incondicional apoyo, a mis hijos Danna y Gabriel, por ser ellos el motor de mi existencia. A mi esposo Alex, a mi padre Pedro y a mis hermanos Yamile y Giovanni, por su gran respaldo y compañía en todo momento.

Mónica Páez Villa

Dedico este triunfo a Dios por ser esa fuerza interior que nos mueve y alienta en cada momento de nuestras vidas en el que debemos sobreponernos a las cargas y obstáculos que se nos presentan, a mi compañero de vida y gran apoyo Luis Calderón a quien amo mucho, a mi hija Isabella Lucía que es la luz de mis ojos y mi mayor motivación, a mis madres Gladys Elguedo y Carmen Arteta que son mi ejemplo a seguir y a quienes les debo mi formación, a mi padre Jesús García que desde el cielo me acompaña y a mi hermano Kenny y a todos mis demás familiares este triunfo también le pertenece por ser esas personas incondicionales que acompañan mi vida y llenan de alegría cada momento compartido.

Yohanna Cenith García Elguedo

Agradecimientos

La construcción de una tesis implica un trabajo arduo y en equipo en el que participan muchas personas: profesionales de distintas disciplinas, estudiantes, tutor, asesores, entre otros.

El equipo investigador extiende sus más sinceros agradecimientos:

A Dios, por permitirnos la oportunidad de cumplir con esta meta en nuestras vidas, darnos la fuerza para crecer profesionalmente y regalarnos la sabiduría para aprender, formar nuestras mentes y culminar exitosamente este gran reto.

A la Universidad del Norte y a su equipo de profesores, por sus enseñanzas y por habernos acogido brindándonos un excelente proceso de formación, excelentes herramientas investigativas, didácticas, metodológicas y tecnológicas que nos permitieron crecer y evolucionar en el campo pedagógico, educativo e investigativo.

Al Dr. Rafael Amador, nuestro tutor y guía que durante dos años se comprometió con esta propuesta investigativa, compartiendo, orientando y direccionando con sabios conocimientos y vasta experiencia la construcción y evolución en cada etapa del proceso.

A los consultores externos:

Al Dr. Eduardo Lozano por compartir con nuestro grupo de investigación una tarde de café que nos dio luces para comprender cada una de las estrategias que propician en los estudiantes la modelización bajo el enfoque de la indagación como auténtica actividad científica escolar y la retroalimentación brindada en la validación de la Unidad Didáctica... modificó nuestros modelos con sus sabias experiencias.

A la Dra. Digna Couso, por escuchar nuestros avances del proceso de investigación y orientarnos con su experiencia en la categorización de los modelos expresados por los estudiantes.

Al Dr. Leonardo Galli, por sus sabias recomendaciones, compartir material bibliográfico y bautizar a las Chicas Osmóticas.

A los expertos nacionales e internacionales Gastón Pérez, Francisco Velásquez y Natalia Ospina quienes validaron nuestro modelo científico escolar de ósmosis e hicieron aportes significativos en la reestructuración del diseño de la unidad didáctica implementada y el modelo científico escolar propuesto.

Al Colegio Alemán de Barranquilla por permitirnos implementar el trabajo de investigación en sus instalaciones, confiar en nosotras y permitirnos el uso de todos sus recursos.

A los estudiantes de la Klasse 7A del Colegio Alemán de Barranquilla por su compromiso, motivación y buena disposición en cada fase implementada, los cuales hicieron posible llevar a cabo esta investigación.

A nuestros compañeros de clase por cada experiencia y anécdota compartida en este proceso de investigación que hoy nos llena de gran satisfacción y orgullo, fue un placer inmenso trabajar con ustedes.

A la mayor motivación de nuestro existir, nuestras familias; por su comprensión, amor y, apoyo que nos motivó e impulsó al cumplimiento de nuestros sueños y metas.

RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en la didáctica de las ciencias buscando generar una propuesta de enseñanza innovadora que aborda dos grandes aspectos: i) la didáctica de las ciencias, enmarcada desde la modelización y la indagación como auténtica actividad científica escolar y ii) el diseño, implementación y ejecución de la unidad didáctica del concepto de ósmosis.

La investigación realizada es de corte cualitativo, obedeciendo al desarrollo de experiencias dirigidas en donde el carácter participativo de todos los miembros de la investigación es importante. El método de Investigación Acción fue una valiosa herramienta para promover procesos sistemáticos de desarrollo adoptando la estrategia de “aprender haciendo”.

Luego de una amplia revisión del marco teórico, del diseño de la unidad didáctica, la aplicación de esta, la elaboración de modelos escolares, el análisis de estos, bajo una mirada cualitativa, fue posible identificar en 23 estudiantes de séptimo grado tres tipos de modelos escolares expresados de ósmosis, como son los modelos icónicos, los explicativos y los icónicos explicativos, categorizados en tres niveles (alto, medio y bajo).

Palabras clave: Indagación, ciencias naturales, modelización, didáctica, ósmosis.

ABSTRACT

This research is based on the didactics of science seeking to generate an innovative teaching proposal that addresses two major aspects: i) the didactics of science, framed from modeling and inquiry as an authentic school science activity and ii) design, implementation and execution of the didactic unit of the concept of osmosis.

The research carried out is qualitative, obeying the development of guided experiences where the participatory nature of all members of the research is important. The Action Research method was a valuable tool to promote systematic development processes adopting the strategy of "learning by doing".

After a wide revision of the theoretical framework, the design of the didactic unit, the application of this, the elaboration of school models, the analysis of these, under a qualitative look, it was possible to identify in 23 seventh grade students three types of models school children expressed in osmosis, such as iconic models, explanatory models and explanatory icons, categorized into three levels (high, medium and low).

Keywords: Inquiry, natural sciences, modeling, didactics, osmosis.

1. Introducción

La enseñanza de las ciencias en la escuela en muchos contextos educativos se encuentra fraccionada entre la teoría y la práctica de los conceptos estudiados. Desde el punto de vista de muchos autores, ésta debería estar conectada con el interés por parte de los maestros de potenciar la comprensión de cómo es y cómo se hace la ciencia, construyendo explicaciones, estableciendo argumentos, realizando observaciones, formulando respuestas, comunicando conclusiones y generando modelos que permitan la comprensión de nuevos conocimientos a través de la didáctica.

Han sido muchas las propuestas investigativas que proponen llevar las prácticas de modelización científica al aula de clase (Acher, 2014) y exponen el diseño de unidades didácticas que permiten la modelización de un concepto o fenómeno. La presente investigación se fundamenta en la didáctica de las ciencias buscando generar una propuesta de enseñanza innovadora que aborda dos grandes aspectos: i) la didáctica de las ciencias, enmarcada desde la modelización y la indagación como auténtica actividad científica escolar y ii) el diseño, implementación y ejecución de la unidad didáctica del concepto de ósmosis.

El primer aspecto aborda fundamentalmente la modelización en ciencias que, según Izquierdo (2004), forma parte del proceso de descubrimiento y de justificación de nuevos conocimientos; contrastando nuevos fenómenos con “modelos” que tienen sentido en la teoría de referencia, colonizando así nuevos territorios de aprendizaje e introduciendo nuevas entidades que permiten un aprendizaje construido con explicaciones que dan sentido al funcionamiento del mundo. Del mismo modo, se desarrolla la indagación como una actividad científica escolar como propuesta para la mejora de la enseñanza de las ciencias.

Con respecto al segundo aspecto, se diseñó una unidad didáctica basada en la modelización para la interpretación del modelo de ósmosis ajustado para estudiantes de séptimo grado. Para esto fue necesario la construcción del modelo escolar en el que se destacan las propiedades que le permiten a la célula realizar funciones vitales, especialmente el paso libre de agua de un medio a otro a través de la membrana celular. De igual manera, se diseñaron tres fases que contienen actividades que propician la modelización y el desarrollo de los aspectos de la indagación para hacer de las clases de ciencias naturales un ejercicio educativo potente en aprendizajes acorde a la etapa de formación de los estudiantes.

El presente documento se divide en 5 apartados. En el segundo se desarrolla el planteamiento del problema, en el tercer la pertinencia, relevancia y viabilidad de las soluciones aquí planteadas. En el cuarto se despliega la fundamentación teórica a la luz de la didáctica de las ciencias, la modelización de conceptos, la indagación, unidades didácticas, transposición didáctica, actividad científica escolar y el modelo científico escolar de ósmosis. En el quinto apartado se establecen los objetivos que se esperan alcanzar. En el sexto se presenta la metodología de la investigación, el diseño metodológico, población, instrumentos de recolección de datos y la unidad didáctica diseñada. En el séptimo se registran los resultados en cuanto al análisis de los aspectos de la indagación y la categorización de los modelos parciales, final y la progresión de los modelos, al igual que los niveles alcanzados de los modelos expresados. Se cierra el desarrollo del documento con las conclusiones y recomendaciones, las referencias bibliográficas y las evidencias del trabajo y su implementación.

Planteamiento del problema

Teniendo en cuenta los lineamientos estipulados por Ministerio de Educación Nacional -MEN-, en Colombia se desarrollan lineamientos curriculares específicos en cada área que orientan los procesos de fundamentación y planeación desde lo epistemológico, pedagógico y curricular. En el caso de los lineamientos en Ciencias Naturales y Educación ambiental, son una invitación a entender que la formación en ciencias tiene como fin central el desarrollo del pensamiento científico, como herramienta clave para desempeñarse en diferentes contextos (MEN, 1998).

Por lo anterior, los retos que enfrentan los maestros de hoy consisten en generar en las aulas de clase actividades científicas escolares que fomenten el desarrollo e integración de los saberes científicos y cotidianos desde la didáctica de las ciencias, tomando esta como eje articulador del conocimiento científico escolar. En otras palabras, la enseñanza de las ciencias debe apuntar a la construcción de saberes científicos escolares a partir de la comprensión del mundo que los rodea, de la explicación de fenómenos y la transformación de los sucesos de la cotidianidad en numerosas experiencias de aprendizaje.

En este orden de ideas, la enseñanza de las ciencias se ha convertido en un desafío para los educadores quienes deben interesarse en el desarrollo de estrategias que permitan a los estudiantes transformar sus experiencias en puntos de aprendizaje. Esta aproximación genuina de la enseñanza de las ciencias como una actividad escolar cobra valor en la medida en que se acerque a la acción realizada por la comunidad científica. Mientras un científico investiga, genera hipótesis, representa la explicación de un fenómeno o teoría y explica con argumentos claros las representaciones de sus modelos, un estudiante también podría hacerlo.

La enseñanza de las ciencias en la escuela no debería fraccionarse en teoría y práctica. Debería estar conectada con el interés de potenciar la comprensión de cómo es y cómo se hace la ciencia a través de la construcción de explicaciones, el establecimiento de argumentos, la realización de observaciones, la formulación de respuestas, la determinación de conclusiones y la generación de modelos que permitan la comprensión de nuevos conocimientos.

Desde esta perspectiva, es necesario que los profesores de ciencias comprendan e incorporen en su quehacer la visión de la naturaleza de las ciencias señalada por Giere (1999) donde expresan que en la actividad científica es crucial el desarrollo de explicaciones basadas en pruebas sobre cómo funciona el mundo. Según Couso (2014) en la actividad científica es importante construir explicaciones para dar significados y por ello se priorizan prácticas como la modelización y su relación con una indagación creativa, influenciada por la teoría al servicio de la evaluación de teorías y modelos.

De esta manera, se considera que la importancia de llevar la indagación al aula reside en hacer comprender a los alumnos cuál es la naturaleza de las ciencias a partir de su participación en prácticas científicas lo más auténticas posible (Couso, 2014). Siendo así, se pretende promover la modelización del modelo de ósmosis con estudiantes de séptimo grado por medio de la implementación de actividades que propicien la indagación como actividad científica escolar.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea el siguiente interrogante:

¿Qué tipos de modelos escolares de ósmosis construyen los estudiantes al seleccionar intencionalmente aspectos de la indagación como auténtica actividad científica escolar?

Justificación

La concepción de indagación desde una perspectiva de didáctica de la ciencia implica aprender destrezas en torno a este concepto de gran importancia en el aula. Sin embargo, actualmente en el aula solo se desarrollan las habilidades para consultar, fundamentar y ampliar significados y conceptos. Por lo anterior, la presente investigación cobra relevancia teniendo en cuenta que propone desarrollar la indagación como práctica científica escolar que le permite al estudiante actuar como un científico, motivando e involucrando a los jóvenes en la construcción de los Modelos Científicos Escolares (Izquierdo et al, 1999a).

Desde esta perspectiva, la indagación también implica comprender la naturaleza de la ciencia (cómo es y cómo se hace) a partir de prácticas científicas lo más auténtica posible; donde se priorice la modelización y su relación con la indagación (Couso, 2014). De acuerdo a esto, la pertinencia de encauzar la indagación en la didáctica de las ciencias se convierte en una actividad inherente del quehacer o práctica científica que permite a los estudiantes comprender la naturaleza de las ciencias.

En este orden de ideas, es importante destacar que los estudiantes en la escuela actuarían como científicos escolares cuyo interés de investigar está direccionado por la indagación y por la actividad científica escolar. Esta última es similar a la actividad de los científicos en su núcleo más irreductible, generando en los estudiantes la capacidad de pensar el mundo con teorías (Izquierdo et al, 1999a) (Izquierdo et al, 2004). De esta manera, los profesores se convierten en guías que acompañan el direccionamiento de las actuaciones de los estudiantes como científicos escolares. Dichas actuaciones están acompañadas de observaciones con carga teórica, formulación y validación de hipótesis, predicción de tendencias, trabajo en equipo y

modelización, aspectos fundamentales para desarrollar la indagación como actividad científica escolar en las aulas de clase.

En la práctica docente, hacer ciencias es un desafío en el que se hace necesario no solo el manejo de un saber específico, el conjunto de recursos y metodologías de trabajo. Es importante desarrollar una serie de herramientas que propicien la participación de los estudiantes. Por lo cual, las clases de ciencias se convierten en un deleite científico en el que, al igual que lo grandes hombres y mujeres de ciencias, los estudiantes se convierten en científicos escolares que elaboran sus modelos de acuerdo a sus relaciones con el medio o fenómeno de estudio.

De acuerdo con Izquierdo (2014) cuando los estudiantes participan en la elaboración de los modelos teóricos, éstos tienen significado para ellos y les permite articular los lenguajes y conceptos que han de aprender, su diseño e implementación.

En esta investigación se propicia la modelización escolar al producir modelos científicos escolares del modelo de ósmosis sin ser una simplificación de los modelos eruditos, sino que son una versión que los tiene como meta, pero que han sido elaboradas teniendo en cuenta el contexto educativo y las finalidades de la enseñanza (Gómez, 2006). Es por ello que desde la presente investigación se diseña una propuesta de enseñanza que propicie la indagación y la modelización del modelo de ósmosis en estudiantes de séptimo grado. Ajustada a los estándares curriculares de ciencias y el plan de estudio institucional. Además, contamos con la autorización del representante legal del Colegio Alemán de Barranquilla, el cual cuenta con los recursos necesarios en infraestructura, tecnología, entre otros.

Marco teórico

4.1 La indagación

4.2 Antecedentes de la Indagación en el campo de la Didáctica de la Ciencia

En las últimas décadas se han presentado una variedad de investigaciones que han tomado como eje central la enseñanza de las ciencias basada en indagación. Sin embargo, pocos trabajos se han enfatizado en asumir la indagación como un accionar científico y no solo como una competencia más a desarrollar o una metodología para la enseñanza de las ciencias.

A continuación, se presentarán algunas investigaciones, que han tomado la indagación como un camino lleno de oportunidades para la enseñanza de las ciencias desde la didáctica, generando importantes contribuciones teóricas.

En el 2016 Enrique Bugueño (España) en su tesis doctoral *La indagación científica para aprender colaborativamente ciencias naturales en la educación primaria*, presenta la indagación científica como un enfoque ideal para el aprendizaje de las ciencias naturales en los niños de primaria, donde la indagación científica a un nivel escolar proporciona en el aula grandes posibilidades en la realización de las tareas propias del quehacer científico.

En 2014 Domènech en su tesis titulada “Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas”, tiene como objetivo que los estudiantes comprendan la naturaleza de la ciencia, adquieran habilidades científicas y desarrollen una posición científico crítico. A través del diseño de una secuencia didáctica para la enseñanza de la tectónica de placas, se desarrollan estrategias de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, la cual se desarrolla en varias fases orientadas a desarrollar actividades innovadoras que propendan en la construcción del conocimiento científico por parte de los estudiantes, tales como formular preguntas, analizar

evidencias, formular explicaciones, hacer conexiones, comunicar, justificar y reflexionar, entre las más importantes.

4.3 Conceptualización

La indagación se considera en términos generales como el análisis o el estudio de una pregunta, una situación o un planteamiento, que a partir de la curiosidad se explora la realidad para lograr entender y conocer el mundo que nos rodea.

Al hablar de indagación, se hace necesario destacar uno de los primeros referentes que es John Dewey (1910), quien presentó una propuesta pedagógica donde el eje central de la escuela se fundamentaba en la motivación y el estudio de la ciencia. Dewey consideraba que los currículos daban énfasis al cúmulo de contenidos, sin tener en cuenta el desarrollo del pensamiento científico. A partir del desarrollo de los componentes sociales el niño puede desarrollar habilidades argumentativas y comunicativas, valiéndose de su curiosidad, la cual debe ser el principal motor en el aprendizaje, todo esto en un ambiente propicio para el estudio de las ciencias a través de la experimentación. Dewey, citado por Barrow (2006), menciona que la motivación del niño parte de su propia curiosidad, como origen del pensamiento, para explorar el mundo que le rodea, por tanto, el aprendizaje debe estar orientado en la exploración de su entorno, relacionándose directamente con sus experiencias, así el docente como orientador u facilitador del proceso, orienta al estudiante a través de una serie de preguntas, permitiendo una participación del estudiante en la búsqueda de sus respuestas.

En este planteamiento constructivista, el rol del profesor sale de lo tradicional, para convertirse en un facilitador o mediador del conocimiento, brindándole al niño las pautas y herramientas necesarias para desarrollar su aprendizaje.

4.4 La indagación en la ciencia escolar

A lo largo de la historia, la ciencia en sí ha presentado una evolución importante superando una visión mecanicista que para Morin (1994), corresponde a la integración de los principios básicos de la ciencia en un esquema más amplio que incorpora la incertidumbre y la organización. La ciencia moderna, como lo menciona Izquierdo et al (2004), se concibe como intervención activa en el mundo para transformarlo según una finalidad vinculando determinados valores, presentando al conocimiento en un contexto dinámico y cambiante.

La indagación, según Schwab (1960) también se refiere a las actividades estudiantiles en las cuales se desarrollan conocimiento y entendimiento de las ideas científicas, dentro de esta categoría el profesor pasa a ser un orientador en el proceso de aprendizaje de las ciencias a través de la presentación de herramientas válidas para que el estudiante potencialice sus habilidades para indagar orientada al desarrollo del conocimiento científico.

En 1996, el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América (NRC, 1996) presenta la siguiente definición sobre indagación:

"Inquiry. Scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. Inquiry also refers to the activities of students in which they develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world".

Desde esta perspectiva se plantea una diferencia entre la indagación científica y aquella indagación que deben llevar a cabo los estudiantes en las aulas para desarrollar conocimiento y comprensión de las ideas.

Según lo menciona Garrizt (2010). El aprendizaje por indagación en ciencias, toma principal relevancia cuando la NRC (*National Research Council*), realiza la publicación de los National Science Education Standards . En este documento se plantea que la enseñanza de las ciencias debe involucrar a los estudiantes en investigaciones orientadas a la indagación en las que interactúan tanto con sus profesores como con sus pares, así establecen conexiones entre el conocimiento actual de la ciencia y el conocimiento científico encontrado en las fuentes bibliográficas; de esta manera los estudiantes podrán diseñar experimentaciones, realizar trabajo en equipo, discusiones en grupo, tomar decisiones, entre otras habilidades, lo cual permite una mayor conciencia en el mismo bajo un enfoque activo para el aprendizaje

Diversos estudios abordan la indagación desde diferentes enfoques, dado las intencionalidades que desde el diseño y la planeación plantea el docente y en las actividades y/o habilidades que se pretenden desarrollar en los estudiantes para el estudio de las ciencias.

4.5 Indagación como una auténtica actividad científica escolar

La indagación científica, ha cobrado gran relevancia en el campo de la didáctica de las ciencias, donde las condiciones actuales demandan un comportamiento en las aulas en el que se superen aprendizajes mecánicos basados en una simple transmisión de conocimiento.

Como lo menciona la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2006):

“Uno de los objetivos de la educación en ciencias es que los alumnos desarrollen una serie de actitudes que promuevan su interés por los temas científicos, así como la subsiguiente adquisición y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en beneficio personal, social y global”.

Por lo tanto, se hace necesario reorientar las prácticas científicas desde las aulas para generar ese interés y curiosidad propio de un ambiente científico.

Dado que en las últimas décadas los expertos y las organizaciones internacionales han centrado su interés en una enseñanza de las ciencias que genere un mayor impacto en los estudiantes y que estos a su vez se muestren motivados para aprenderla, la indagación científica ha tenido un gran impulso para su desarrollo en el aula.

Anderson (2002) señala que no existe una definición operativa sobre el término de indagación y que el sentido de su significado en el aula puede variar según el autor que se plantee, dado que es posible situar la indagación en múltiples definiciones y aplicaciones didáctica que varían notablemente a partir de las actividades, actitudes y comportamientos desarrolladas por los estudiantes y del nivel de orientación o guía brindada por el profesor, se genera una amplia variedad de enfoques. Por su parte Buck, Bretz & Townes (2008) concluyen que “los usos y significados de indagación como modos de instrucción e investigación estudiantil varían de un autor a otro y ante una y otra audiencia”. Por lo anterior, al pretender generalizar los aspectos o procedimientos que se relacionan con indagación se genera una gran dificultad, dada la amplia variedad de enfoques que se presentan.

Sin embargo, Couso (2014) plantea en su análisis tres aspectos importantes que deben estar presentes en el aprendizaje por indagación:

- Desarrollo de una capacidad cognitiva en el momento de indagar científicamente.
- Estrategias de enseñanza y aprendizaje que tanto estudiante como docente deben desarrollar para adquirir capacidades para indagar y comprender conceptos científicos.

- Los métodos utilizados desde la naturaleza de la investigación científica que el estudiante debe entender.

La primera categoría se refiere a contenidos de ciencias que se deben enseñar, según Couso (2014) se destacan dos aspectos, uno se relaciona con las habilidades procedimentales (observar, memorizar, clasificar, etc.) y el otro tiene que ver con los conceptos de la investigación empírica (medir, controlar variables, etc.).

La segunda propone una forma de llevar la indagación en el aula, es decir, una metodología de enseñanza-aprendizaje basada en indagación, lo que es conocido como “Enseñanza basada en indagación” (*Inquiry-based Science Education*).

Por último, se plantea la indagación como una actividad inherente del quehacer científico o práctica científica, en este caso se habla de una forma de llevar la indagación a las aulas como un contenido a enseñar ciencias, es decir, como lo plantea Couso, la importancia de este punto reside en hacer comprender a los estudiantes la razón de los siguientes interrogantes: ¿cuál es la naturaleza de las ciencias?, ¿qué es ciencias? y ¿cómo se hace ciencias?, a partir de su participación en prácticas científicas simulando el papel de un científico, en otras palabras, se deben hacer prácticas científicas lo más auténticas posible. (Couso, 2014).

Partiendo de la idea que la investigación es inherente a la actividad de un científico, Tamayo concluye que “La investigación es una fase más especializada de la metodología científica”, además menciona que la investigación que hacen los científicos no es mera búsqueda de la verdad, sino que constituye una forma sistemática para describir la verdad, es una indagación intensiva e intencionada (Tamayo y Tamayo, 2004). Por lo anterior, un científico debe partir de una hipótesis para analizar los datos tomados de la realidad y de esta manera lograr la fundamentación de nuevas teorías. De esta manera, al equiparar la curiosidad propia de

un científico, su rigurosidad en lo metodológico para lograr conclusiones es posible que al llevar todas estas características de la investigación científica a un nivel escolar se permitan dar avances importantes en el aprendizaje de las ciencias a través del desarrollo de habilidades para indagar.

La indagación escolar contiene características particulares desde una óptica constructivista, en la enseñanza de las ciencias, partiendo de algunas recomendaciones, tales como, partir de la realidad del niño, identificar un problema, inspeccionar datos, por último, formular y comprobar hipótesis a través de la acción (Barrow, 2006). En este orden de ideas, surge la necesidad en las escuelas de vincular a nuestros estudiantes a nuevas formas de pensar la ciencia y de esta manera ofrecer explicaciones de los fenómenos del mundo.

Adicionalmente, bajo la luz de las destrezas para indagar y la naturaleza de las ciencias, sin importar el enfoque de indagación que se utilice, para Digna Couso (2014) es posible determinar una autentica práctica científica escolar de dos formas:

- Que la actividad de los alumnos al aprender ciencia se parezca a la actividad de los científicos en el mundo real, mientras que los científicos investigan nuevos conocimientos, los estudiantes indagan nuevas formas de entender y explicar los fenómenos del mundo.
- Motivar e involucrar a los alumnos y para ello la actividad que se haga en el aula debe ser “engaging” (motivadora)

Para efecto de esta investigación se toma el anterior planteamiento dado por Couso (2014) como eje central para el diseño de una serie de actividades que promuevan el accionar como científicos escolares la enseñanza del modelo de ósmosis en los estudiantes de séptimo grado.

Las ciencias son tomadas como el resultado de una actividad humana compleja, por tanto, la enseñanza de las ciencias debe estar soportada bajo esta premisa, es decir, la ciencia escolar se debe concebir como una actividad a desarrollarse en un contexto escolar, conectado con los valores del estudiante y los objetivos de la escuela (Izquierdo et al, 1997).

Para tal fin, es necesario tener presente los aspectos que señala Izquierdo para ambientar el aprendizaje de las ciencias, estos son: Los objetivos de los alumnos en la clase de ciencias, los cuales deberán estar contextualizados teniendo en cuenta el entorno que ofrece la escuela; también se encuentran los hechos científicos que se han de conocer a partir de la manipulación y la modelización (en el marco de modelos teóricos previstos o modelos científicos escolares), los métodos a practicar, los cuales serán adaptables y funcionales dentro del aula y por último los lenguajes teóricos, que permitirán la emergencia de nuevas explicaciones (Izquierdo et al, 1999a).

Por tanto, la ciencia al ser definida como una actividad humana, su enseñanza debe ampararse bajo esta misma idea, por ello, al llevar las ciencias al aula se debe plantear una meta, un método y un campo de aplicación en el contexto escolar, todo lo anterior derivado de un sistema de valores unas reglas de juego ya establecidas (Izquierdo et al, 1999a).

El propósito de hacer ciencia en la escuela consiste en la construcción significativa de nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permitan explicar y transformar el mundo que nos rodea, logrando gran similitud con el comportamiento de un verdadero científico (Izquierdo, 2004). En este sentido se da una marcada diferencia del rol del estudiante desde el marco de **una actividad científica escolar (ACE)**, donde el estudiante no “hace de científico” sino que se desarrolla como “un científico escolar” (Izquierdo et al, 1999a).

Lo anterior, sugiere una innovadora manera de presentar la enseñanza y/o aprendizaje de las ciencias, tal como lo menciona Martin-Hansen (2002) “la indagación se refiere o al trabajo que realiza el investigador para estudiar el mundo natural o a las actividades que ‘imitan’ lo que los científicos hacen”, de esta manera, mientras los científicos investigan, los estudiantes indagan en la escuela, en su rol de científicos escolares. Hay que aclarar que la idea de que los estudiantes “hagan ciencia” a nivel escolar no equivale a la investigación realizada por los científicos. Reyes y Padilla (2012) establecen que la ciencia escolar busca que los estudiantes construyan un conocimiento que ya es aceptado por la comunidad científica, es decir un conocimiento contextualizado, mientras que en la investigación se busca generar nuevos conocimientos.

Por su parte, Bevins y Price (2016) dicen que

“...esta aproximación aporta al alumnado un mayor control de su propio aprendizaje y le permite navegar activamente los caminos que aumentan su comprensión y motivación y mejoran su actitud hacia la práctica científica, incrementando su autoestima y su capacidad para manejar nuevos datos en un mundo cada vez más complejo”.

Varios autores coinciden que al fomentar un aprendizaje por indagación se promueve una mejor actitud científica en el estudiante, y un deseo de aprender ciencias cultivando valores y habilidades sociales que repercuten directamente en la formación de un ciudadano de bien con pensamiento crítico (Izquierdo, 2004).

Para Garritz et al (2009) la investigación o la indagación científica hace referencia a las diversas formas que los científicos adoptan para tomar el conocimiento de la naturaleza y proponer nuevas explicaciones, mientras que la indagación a un nivel escolar trata de las actividades en las que los estudiantes desarrollan un conocimiento.

Por tanto, al hablar de una auténtica ACE, es necesario que el alumnado entienda sobre los métodos utilizados por los científicos para dar respuesta a sus preguntas, es decir, conocer la naturaleza de la indagación científica (Couso, 2014), además de las limitaciones propias del contexto escolar.

Si se hace referencia a la indagación planteada como una ACE, se busca ubicar al estudiantes en ambientes o situaciones parecidas a las experimentadas por los científicos, con la variante que se presenta en el momento de la construcción de la ciencia en la escuela, es decir, desarrollar este tipo de actividades en contextos llamativo y significativo para el estudiante, donde se tiene en cuenta su realidad inmediata, aspectos históricos y sociales, los cuales son factores que afectan directamente el proceso de construcción de la ciencia (Ortega, 2007). Sin olvidar el carácter social de un científico, dado que la comunidad científica debe comunicar sus hallazgos, el estudiante debe desarrollar habilidades comunicativas para dar a conocer sus procesos valorando el carácter social que el científico posee por naturaleza.

Es así, como desde la ciencia escolar es posible permitir un tratamiento flexible del conocimiento, un entorno adecuado para el educando, un reconocimiento de factores multimodales (motivacionales, comunicativos, cognitivos y sociales) en el aula de clase (Izquierdo, 2004). Lo anterior evidencia un gran reto para la enseñanza de la ciencia y por tanto para el docente, quien debe fomentar un comportamiento en el aula que motive al estudiante a explorar y proponer explicaciones sobre fenómenos del mundo, semejante a la actividad de los científicos en el mundo real, a través de experiencias significativas y planteamientos de interrogantes que involucren al estudiante en su proceso de enseñanza, para lograr así promover en el aula, una **auténtica actividad científica escolar** (Couso, 2014).

Como se ha referenciado anteriormente, en la indagación a nivel escolar, incluye prácticas y actividades manipulativas, y es por esta razón por la que la modelización se ha convertido en una de las actividades destacadas para la enseñanza de las ciencias, este pensamiento se apoya con lo planteado por Izquierdo, donde define la ACE, como un proceso de construcción intelectual que está en un constante diálogo entre certeza e incertidumbre, orden y desorden, rigor y creatividad, y que no está exento de emoción y creatividad. Adicionalmente desarrolla la curiosidad y valora la creatividad (Izquierdo, 2004). Todos estos aspectos indispensables para formar un conocimiento científico son incorporados por varios investigadores en la indagación científica, logrando así un camino lleno de oportunidades en el momento de enseñar y/o aprender ciencias.

4.6 Aspectos fundamentales de la indagación como actividad científica escolar

Tal como lo hemos mencionado anteriormente la indagación como auténtica ACE se debe concebir como un accionar científico a nivel escolar, para ello es necesario propiciar algunas condiciones en el aula. Algunos autores hablan de los grandes beneficios de este accionar en el aprendizaje de las ciencias:

“...esta aproximación aporta al alumnado un mayor control de su propio aprendizaje y le permite navegar activamente los caminos que aumentan su comprensión y motivación y mejoran su actitud hacia la práctica científica, incrementando su autoestima y su capacidad para manejar nuevos datos en un mundo cada vez más complejo” (Bevins y Price, 2016).

Para Digna Couso (2004), una enseñanza basada en la indagación se caracteriza por:

- La enseñanza-aprendizaje se da en un entorno investigativo, con la posibilidad de que los alumnos planteen interrogantes y recojan sus propios datos a través de la práctica.
- El estudiante es el eje central de su proceso de aprendizaje con una actitud motivante, desarrollando su autonomía y capacidad de decisión
- El docente pasa a ser un guía o facilitador para la indagación en el aula.
- La instrucción se organiza en fases o etapas que simulen la investigación científica.

Por lo anterior, es posible evidenciar la importancia de llevar a cabo en el aula algunas actividades para promover la indagación como autentica ACE.

Bybee (2006) explica que la enseñanza y el aprendizaje basados en indagación deben integrar entre otros, habilidades de indagación, es decir, lo que deben hacer los estudiantes.

Como ya se mencionó, para lograr una auténtica ACE, es necesario que el estudiante se empodere en su rol de científico escolar, siendo el docente una guía del proceso, brindando las herramientas necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje.

El docente es quien debe apoyar el desarrollo de habilidades de indagación en los estudiantes (NRC, 1996), posibilitando con esto que el estudiante logre poner a prueba sus hipótesis y explicar fenómenos del mundo. Según la National Academy of Science (NAS, 2003), con este tipo de actividades los estudiantes podrían lograr mejores resultados en la comprensión de los conceptos.

French y Russell (2002) se refieren a la enseñanza basada en indagación poner énfasis en el estudiante como científico, por tanto, al promover en el aula un comportamiento en los estudiantes simulando el actuar de un científico, se hace necesario desarrollar ciertas habilidades

que son definitivas para realizar indagación en el aula y de esta manera llevar a cabo una autentica ACE.

Así como, el científico dentro de su quehacer hace gala de muchas habilidades, actuaciones, valores y otros aspectos que le permiten potenciar su accionar dentro de su rol como investigador y hacedor de ciencias, el estudiante dentro de su actuación como científico escolar debe desarrollar ciertas habilidades o aspectos que le permitan cumplir con su papel desde la indagación científica. Es por eso, que en la presente investigación se han propuesto una serie de habilidades que, al fortalecer en los estudiantes, se brindan condiciones para el aprendizaje de las ciencias, propios de la ciencia escolar. Estas habilidades son: **Observar, predecir, hipotetizar, poner a prueba las hipótesis, trabajo en equipo y modelizar**. A continuación se presentaran las definiciones propuestas por diversos autores bajo la luz de la didáctica de la ciencias.

4.7 Observar

“Las observaciones científicas están “cargadas” de teoría desde la cual se efectúan” (Izquierdo et al., 2016). A pesar de que la observación se puede presentar como aquello que “vemos” el mundo objetivamente tal cual este es, desde una óptica científica se trata de tener un acercamiento a los hechos, a través de las expectativas e ideas que se proyectan sobre la realidad, seleccionando aquello que resulta de interés para la propia comprensión del mundo y relacionándolo teóricamente con nuestras maneras de hablar y de conceptualizar ese mundo.

En otras palabras, lo observado se ve influenciado directamente con los conocimientos que ha construido el estudiante, no sólo se refiere a la teoría previamente estudiada sino a las experiencias vividas, las cuales posibilitaran la posterior elaboración de explicaciones, argumentos, conclusiones etc.

La observación puede ser descriptiva, exploratoria o probatoria; los tres casos se ajustan perfectamente a diversas metodologías científicas. Bravo plantea que alguien que "observa" nunca tendrá "su mente en blanco" y el descubrimiento de algo importante no se hace a partir de una observación ingenua, es decir que la observación se deriva de una acción intencionada, sin embargo, esas intenciones pueden variar de un sujeto a otro (Bravo et al, 2008). Luego, se pueden tejer diferentes versiones sobre cómo fueron los hechos y estos relatos tienen ideología que lo soportan. Por lo anterior, los estudiantes al realizar una *observación científica* no solo utilizan sus sentidos para registrar información, sino que adicionalmente es necesario darle sentido a la misma (Khan, 2007).

4.8 Predecir

En la predicción científica surgen a través de la historia varias formas que se destacan y que cobran importancia en el momento de definir esta habilidad, se destaca “la predicción como una prueba que sirve para dirimir si un enunciado es o no científico” González (2010). Según este mismo autor, éste último aspecto cobra gran interés en la ciencia especialmente en la ciencia escolar, dado que se requiere conocer un futuro posible para solucionar problemas concretos. Por tanto, podemos decir que la predicción se trata de anticipar algo antes que ocurra o que se conozca.

Por otro lado, “para realizar una *predicción* se requieren dos requisitos básicos: i) la comprensión de del fenómeno que se predice, y ii) el conocimiento de las condiciones iniciales. En efecto, la predicción es la anticipación de lo que ocurrirá de seguir con las condiciones en las que se está. Esto comporta el conocimiento de la situación, de los elementos que intervienen en ella y de cómo intervienen. Hemos de poder anticipar qué consecuencias se seguirían al modificar alguno de esos aspectos, que variación provocaría” Gonzáles, (2010). De igual forma

se plantea que para *predecir* científicamente se necesitan una serie de datos, los cuales se convierten en información que se analizan en un contexto dado, para finalmente pasar a ser conocimiento.

Reichenbach (1936) propone que las predicciones, son proposiciones científicas que hacen afirmaciones sobre el futuro y que, además, no existe una ley científica que no implique una predicción sobre la ocurrencia de eventos futuros. La predicción incide tanto en la ciencia básica —orientada a la ampliación del conocimiento— como en la ciencia aplicada, encaminada a la resolución de problemas González (2010).

Por su parte Diéguez (2005), plantea que las predicciones deducidas de una hipótesis a contrastar se toman como evidencia en contra, en caso de no comprobarse y si se cumple cuenta como evidencia a favor, aunque no siempre se dé de manera rigurosa o evidente. Por tanto, la predicción depende no solo de la interpretación que hagamos del contenido de una hipótesis (lo cual puede variar de un científico a otro), sino a la interpretación de los resultados experimentales.

Es necesario tener en cuenta que las predicciones científicas no siempre se cumplen, ya que existen muchas variables que pueden afectar directamente los resultados y que no es posible anticipar con precisión.

En la ciencia escolar las predicciones de los estudiantes juegan un papel definitivo, dado que las predicciones planteadas por ellos desde su rol de científico escolar, aunque difiere de las que hacen los científicos, también generan conocimientos en el proceso de observar, experimentar, hablar y escribir; generando transformación en su pensamiento Izquierdo (2004).

4.9 Hipotetizar

Se trata de la acción de plantear una hipótesis. “Una hipótesis es una proposición que puede ser puesta a prueba para determinar su validez; es una pregunta formulada de tal modo que se puede prever una respuesta” Tamayo y Tamayo (2004). Según los autores las hipótesis deben tener las siguientes características:

- *Deben tener referentes empíricos*, no hacen referencia a juicios morales.
- *Tienen que ser específicas*, claras, expresadas adecuadamente
- *Estar relacionada con técnicas disponibles*, con la intención de poner a prueba su hipótesis.

Una hipótesis significa “supuesto”, una hipótesis científica es una propuesta o afirmación contrastable empíricamente, que se considera provisional y revisable según experiencias (Diéguez, 2005). Generalmente se trata de un enunciado formulado de manera precisa que trata de dar cuenta de los fenómenos sometidos a investigación o de solucionar un problema. Se supone que, si dicho enunciado es verdadero, entonces los fenómenos en cuestión quedan explicados. En ocasiones los términos 'hipótesis', 'ley' y 'teoría' son empleados como sinónimos. En otros contextos, sin embargo, se reserva el término 'hipótesis' para una propuesta científica que todavía está en proceso de contrastación mediante búsqueda de más evidencia empírica que la apoye o la refute, o sobre cuya aceptación aún se discute en el seno de la comunidad científica, se pone a prueba argumentando y se acepta una vez que se ha logrado el convencimiento de los otros grupos, basándose en argumentaciones, evidencias, razonamientos y explicaciones.

Asimismo, French y Russell (2002) coincide que plantear una hipótesis es un aspecto indispensable en el momento de hacer un aprendizaje basado en indagación. Una "hipótesis" no es una simple "opinión", esta diferencia de terminología implica la necesidad de llegar a un

acuerdo: una hipótesis se pone a prueba, mientras que una opinión puede aceptarse o no, puede gustar o no gustar, pero no necesariamente se pone a prueba Izquierdo (2004).

Diéguez (2005) menciona que las hipótesis son el elemento básico que necesariamente parte la investigación científica. Por otro lado, propone unas condiciones propias de las hipótesis y son solamente que no contengan contradicciones, es decir, que no se contradigan unas con otras y que no vayan en contraposición con las leyes experimentales aceptadas previamente, asimismo lo debe asumir un estudiante a nivel escolar a partir de las metas propuestas por el docente, (Izquierdo et al, 1999a)

4.10 Poner a prueba las hipótesis

Esta habilidad se puede equiparar con lo que Izquierdo, propone como el <<método>> que pueden utilizar los alumnos para alcanzar la meta propuesta y que este será el resultado del consenso en equipo, la reflexión y el lenguaje que conduzcan a la construcción del conocimiento, (Izquierdo et al 1999a). Este método les permitirá a los estudiantes a corroborar las hipótesis planteadas inicialmente, y probablemente esta práctica experimental no será como el método experimental de la ciencia, sino contextualizado en un nivel escolar. Por tanto, el trabajo practico (experimentación), se considera imprescindible en la ciencia escolar.

De manera más específica, la experimentación se entiende como “la capacidad de intervenir en el acontecer de manera controlada para obtener y evaluar información que permite plantear soluciones posibles a una pregunta o problema, o para plantear adecuadamente nuevas preguntas” (Bravo et al, 2011, p.109). La experimentación, al igual que todas las otras prácticas escolares, ha de presentarse dentro de un adecuado contexto, ser accesible a los estudiantes, permitir un trabajo colaborativo entre pares, propiciando la comunicación y el intercambio de ideas, creando así una gran motivación, no solo para llegar a una conclusión, sino para general

nuevos interrogantes (Bravo et al, 2011). Según estos autores, los llamados experimentos, experiencias o actividades de exploración del medio natural nos permiten ir construyendo explicaciones para nutrir un modelo explicativo, entre otras actividades.

La experimentación busca la verificación de la hipótesis mediante la acción. Durante este proceso el niño busca hechos observables que permitan confirmar si las consecuencias que se deben dar se producen o no, de esta manera es posible encontrar la solución más confiable para el problema planteado (Tamayo y Tamayo, 2004).

4.11 Trabajo en equipo.

En la actividad científica escolar, se genera a partir de la interacción entre lo que se ha de enseñar, el profesor y los estudiantes (Izquierdo et al, 1999a). Esta interacción se propicia alrededor de entornos de trabajo social con la conformación de grupos donde se plantean espacios para que los estudiantes se enfrenen a algunas situaciones que conlleven al desarrollo de esta habilidad, estas son: Resolución de problemas colectivos, es decir, se va más allá de un resumen de pensamientos individuales; se da la oportunidad de confrontar estrategias efectivas y conceptos erróneos; por último el juego de roles cobra un papel importante, dado que en el seno de los grupos se generan narrativas reflexivas y discusiones para luego llegar a consensos (Brown et al., 1989).

En este orden de ideas, surge la necesidad de describir el papel de la comunicación en el marco de un trabajo en equipo como parte del desarrollo de una auténtica ACE. Por lo anterior, Merino et al. (2008) dice que, en un proceso de enseñanza aprendizaje los alumnos deben ser capaces de comunicar sus ideas y conocimiento oralmente y por escrito de forma clara comprensible para ellos y para todo aquel que lea o escuche lo que el otro quiere expresar, bajo la luz del conocimiento científico actual.

El lenguaje científico es un lenguaje específico diferente del que se utiliza en situaciones cotidianas y debe ser enseñado de manera explícita (Lemke y García, 1997). Para hablar, escribir, leer, sobre ciencia hay que ir aprendiendo a utilizar este lenguaje para favorecer la comunicación.

En el marco de ACE, Izquierdo y Sanmartí,(2003) establecen que el lenguaje científico permite relacionar el “hacer” con el “pensar” y con el “sentir”, así que todo aquello que se habla, se piensa, se siente o se escribe en la escuela ha de tener algún sentido.

4.12 Modelizar.

Modelizar es establecer relación directa con el mundo (sistema), con el cual se evoca que algo es “parecido a”, lo que técnicamente se llama “similaridad” Adúriz (2009).

Para definir esta habilidad se desarrollarán dos aspectos del proceso de modelizar:

- Se refiere a un caso, concreción o una instancia representativa de una determinada situación más general o abstracta, se relaciona con la idea de imitar o de unas reglas de juego a seguir.
- En este caso se refiere a una imitación o simulación de un referente, que sólo captura de manera simplificada algunos elementos centrales, los cuales fueron elegidos bajo una clara intención: la de permitir un acercamiento más sencillo al entendimiento y la manipulación de lo que se está modelizando (Adúriz et al, 2009).

Según Adúriz e Izquierdo (2005) la modelización es el proceso de transformación del mundo que se produce como consecuencia del pensamiento científico y es característico tanto de la ciencia, como de su enseñanza y aprendizaje. Según ellos, modelar supone establecer relaciones entre lo “real” y lo “construido” y desarrolla, además, una visión multicausal

considerando simultáneamente más de una variable, con la finalidad de poder predecir y explicar.

Para Giere (1999), los modelos teóricos intentan ser modelos de algo, y no solamente ejemplares para la construcción de otros modelos teóricos, funcionan como los medios que los científicos usan para representar el mundo, logrando un significado de lo real, además y son entidades abstractas relacionadas con la teoría.

Se considera que la construcción del conocimiento científico es consecuencia de realizar una actividad de modelización en donde las ideas, la experimentación y la discusión se entrecruzan para promover la autorregulación metacognitiva de las representaciones iniciales sobre los fenómenos y, por lo tanto, su evolución hacia modelos cada vez más complejos (Acher, Sanmartí y Arcá, 2007).

Estas ideas pueden expresarse de diversas formas, en diversos lenguajes, por ejemplo, mediante dibujos, maquetas, redacciones, formulas o diagramas. También el modelo escolar debe permitirnos hacer predicciones, diseñar experimentos, tomar decisiones sobre qué hacer, por ejemplo, en el modelo sistema nervioso podemos predecir respuestas del sistema nervioso ante ciertos estímulos y tomar decisiones al exponernos a ellos (como sonidos muy fuertes, demasiada luz o drogas).

Cabe señalar que el modelo incluye los tres aspectos señalados, en este caso no estamos hablando de modelos como representaciones tridimensionales o a escala, las representaciones tridimensionales pueden ser una forma de expresar un modelo, pero lo serán siempre y cuando los estudiantes puedan también pensar sobre esa representación y actuar en consecuencia.

Es importante tener presente que los estudiantes vinculen significativamente “los hechos” o fenómenos del mundo con “las ideas” del modelo, generando así los hechos científicos

escolares (Izquierdo et. al, 1999b). Para ello, tanto los hechos como las ideas han de tener sentido para ellos, así mismo las relaciones entre ambos.

Los modelos científicos, creados con la intención de dar sentido a los fenómenos del mundo, atraviesan y a la vez limitan la construcción de las explicaciones que proponen científicas y científicos. Las nociones teóricas que construimos son de carácter cultural, y permiten la emergencia de una manera abstracta y analógica de comprender la realidad. Estos modelos restringen aquello que se puede pensar sobre los sistemas que estamos estudiando (y enseñando), a la vez que orientan nuestra intervención activa en ellos (por ejemplo, a través de la experimentación).

Desde las nuevas visiones de la naturaleza de la ciencia, donde la actividad científica crucial, se puede afirmar que, “el desarrollo de explicaciones basadas en pruebas sobre cómo funciona el mundo” (Giere, 1999), pone de manifiesto la importancia de la cognición (el razonamiento, la argumentación) en la actividad científica, la cual tiene como finalidad la construcción de explicaciones para dar significados, y por ello se priorizan prácticas como la modelización, y su relación con una indagación creativa, (ver anexo 1.18), influenciada por la teoría y al servicio de la evaluación de teorías y modelos (Couso, 2014).

4.13 Modelos y modelización en la didáctica de las ciencias

En las últimas décadas, la implementación de los modelos y la modelización en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se convirtieron en un eje fundamental para el estudio y desarrollo epistemológico y didáctico de esta disciplina (Aragón, L, 2018). Partiendo de este hecho, se construye una revisión teórico-conceptual que se logra extraer de la exploración de las

más importantes investigaciones de la epistemología y la didáctica de las ciencias, sobre el estudio de los modelos y la modelización.

Los aportes sobre la modelización están estrechamente ligados con las contribuciones o definiciones de modelos. Desde las corrientes epistemológicas y psicológicas emerge el concepto de modelo así: para las corrientes psicológicas los modelos no son imágenes mentales, hacen referencia a representaciones internas del objeto, tiene una similitud con lo representado. Es decir, hace referencia a una mediación con la realidad (López y Tamayo, 2018). Por su parte, los epistemólogos a modo de consenso general se refieren a los modelos como parte constitutivas de las teorías y representaciones de la realidad en términos de similitudes, con una intención o propósito.

Mientras tanto, para los didactas de las ciencias, las definiciones de modelos se han convertido en un amplio campo de estudio, que a través del tiempo enriquece las actuaciones en la ciencia escolar. Haciendo un recorrido por estas definiciones resulta interesante destacar a Morrison y Morgan (1999) quienes en sus investigaciones definen los modelos como instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría, porque son autónomos con relación a ambos.

Es este marco de ideas, es clave resaltar a Ronald Giere, quien en 1999 hace grandes aportes a la didáctica de las ciencias y se convierte en el pilar para la introducción de los modelos en la enseñanza de las ciencias; a través del tiempo, han sido muchas sus contribuciones, especialmente a la que intenta apelar esta investigación, es en la que expone; que los modelos son entidades abstractas, representaciones que subrogan, que reemplazan algunos aspectos del mundo que se estudian y actúan como mapas para facilitar su comprensión (Giere, 1999. Adúriz-Bravo, 2009). En el ámbito escolar es evidente, que las representaciones o modelos de un aspecto

de la ciencia facilitan la conexión de los estudiantes con el fenómeno y le permiten estudiarlo, comprenderlo y representarlo, haciendo conexiones con sus contextos. Este aporte aún se mantiene vigente, si bien es cierto, un modelo es de naturaleza abstracta, intenta representar una porción del mundo, darle valor, significado y hacer explícito con él una idea o concepto, permite y facilita la comprensión de los fenómenos y hace un vínculo entre lo general y lo particular.

Es necesario mencionar además que los modelos son herramientas del pensamiento científico, así lo expresa Gallego (2000), esta concepción, establece una serie de estructuras conceptuales y experimentales que proporcionan elementos claves para la comprensión de un fenómeno de cualquier índole, obedeciendo a los intereses y necesidades de los estudiantes y de nuestra sociedad de una manera estructurada.

Por su parte, Gómez (2006), precisa que los modelos se entienden como una trama de ideas organizadas y jerarquizadas, son abstractos y contruidos para comprender e intervenir en los fenómenos del mundo por lo cual están íntimamente relacionado con la indagación, pues tratan de explicar los fenómenos del mundo, que es uno de los principales objetivos de la indagación científica (Gómez, 2013). En la ciencia escolar, los modelos suelen ser construcciones multimodales, que les permiten a los estudiantes aprender de diferentes formas y simultáneamente un concepto y comunicarlo a través de diversas representaciones (Gómez, 2013).

Algo semejante, plantea Adúriz-Bravo (2001); los modelos para la enseñanza son representaciones creadas con el objetivo específico de ayudar a los alumnos a aprender algún aspecto de un modelo curricular. Los modelos para la enseñanza más comunes son dibujos, maquetas, simulaciones y analogías. Al mismo tiempo, Justi (2006) amplía este aporte expresando que los modelos enuncian la representación de un objeto, un fenómeno, o sistema

con el propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar (Justi, 2006). Considerándose de esta forma la construcción de modelos una actividad eficaz “*para enganchar a los alumnos en actividades encaminadas a ‘hacer ciencia’, ‘pensar sobre ciencias’ y desarrollar ‘pensamiento científico y crítico’*” (Justi, 2006, p.158).

De este modo, se evidencia que la construcción de modelos brinda a profesores y estudiantes la posibilidad de hacer interpretaciones macroscópicas y microscópicas de fenómenos, partiendo de los constructos teóricos que posee el estudiante frente al tema a tratar o discutir. Según Adúriz- Bravo (2009) esto es posible si se entienden los modelos como extensiones o proyecciones de una teoría hacia la realidad. Así, por un lado, la idea de modelo a la que apela la presente investigación podría definirse como representación de un objeto, un fenómeno, o sistema con el propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000; Adúriz-Bravo, 2012).

Según Giere se afirma que “la percepción de los modelos; como mediadores entre las teorías, fenómenos y datos, permiten ubicarlos en la concepción práctica, considerándolos como los mediadores independientes entre la teoría y los datos” (Tuay, 2011. p 23). Desde esta perspectiva subyacen aportaciones importantes al estudio de los modelos, cuando los estudiantes participan en la elaboración de los modelos teóricos (según la epistemología de la ciencia escolar) tiene significado para ellos y les permite articular los lenguajes y conceptos que han de aprender (Izquierdo, 2014).

La construcción de modelos para el aprendizaje de las ciencias tiene distintas acepciones como las de Castro (1992) y Justi, (2006) quienes se refieren a Modelación. Chamizo, (2010) lo describe como modelaje y autores como Aduriz-Bravo e Izquierdo, (2010), Izquierdo, (2004) y

García y Sanmartí (2008) como modelización. Sin embargo, en los tres casos con sus distinciones epistémicas no excluyentes, es considerado un proceso fundamental para la construcción y comprensión del conocimiento científico en el aula (Justi, 2006).

De acuerdo con, Shawarrz (2009) los procesos de modelización científica incluyen dos dimensiones que combinan lo teórico con lo empírico, es decir “predecir y explicar” los eventos que suceden al interior de un fenómeno. Además, *modelizar es establecer relación directa con el mundo (sistema), con el cual se evoca que algo es “parecido a”, lo que técnicamente se llama “similaridad”*. (Adúriz-Bravo, 2011).

En resumen, los modelos, cumplen una gran importancia en la ciencia y en la actividad científica escolar, se convierten en mediadores entre la realidad observable cargada de teoría y las teorías científicas. Adicionalmente, es fundamental resaltar los aportes de Justi y Gilbert (2002), quienes consideran que los modelos pueden ser progresivos, mostrando una secuencia de complejidad creciente, se evidencia que estos presentan una elaboración y reconstrucción, que posibilita la mejora y complejidad progresiva de las representaciones. En la didáctica de las ciencias, estos modelos deben ser expuestos a una construcción colectiva o un consenso, de igual manera, es necesario comunicar los acuerdos de estos e ideas nuevas de la reconstrucción del trabajo en equipo.

En la siguiente tabla se ilustra de forma clara los aportes de las diferentes posturas teóricas alrededor de los modelos y la modelización.

Tabla 4-1 Aportes de las diferentes posturas teóricas alrededor de los modelos y la modelización

AÑO	INVESTIGADOR	CONTRIBUCIONES A LA TEMÁTICA DE MODELOS Y MODELIZACIÓN
1999	RONAL GIERE	Los modelos son entidades abstractas, representaciones que subrogan, que reemplazan algunos aspectos del mundo que se estudian y actúan como mapas para facilitar su comprensión.
1999	MORRISON Y MORGAN	Los modelos son instrumentos mediadores entre la realidad y la teoría porque son autónomos con relación a ambos.
2000	MERCÉ IZQUIERDO	Llamamos ‘modelización’ al proceso mediante el cual determinados fenómenos que se convierten en ‘ejemplos’ de un concepto según un modelo que permita representar lo que está ocurriendo al intervenir e interpretar los datos que se obtienen.
	RÓMULO GALLEGO	Los modelos son las herramientas del pensamiento científico.
	ADRIANA GÓMEZ	Los modelos se entienden como una trama de ideas organizada y jerarquizada, son abstractos y contruidos para comprender e intervenir en los fenómenos del mundo.
2001	AGUSTIN ADÚRIZ-BRAVO	Los modelos para la enseñanza son representaciones creadas con el objetivo específico de ayudar a los alumnos a aprender algún aspecto de un modelo curricular. Los modelos para la enseñanza más comunes son dibujos, maquetas, simulaciones y analogías.
2002	ROSARIA JUSTI-JOHN GILBERT	La idea de modelo que expresan es la de representación de un objeto, un fenómeno, o sistema con el propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar.
2005	ANTONIO FELIPE	Los modelos como entidades son construcciones (maquetas, fórmulas o esquemas). Los modelos teóricos son conjuntos de enunciados. Los modelos formales son estructuras lógico-matemáticas (ecuaciones, fórmulas); los modelos materiales son representaciones espaciales de entidades o fenómenos (aislados o en conjunto). Estos pueden ser: convencionales (sin similitud entre el modelo y lo representado, como una pirámide poblacional); icónicos (con cierta semejanza entre lo modelizado y el modelo); o analógicos (utilizando un dominio o algo conocido para modelizar una realidad menos conocida). Los modelos icónicos pueden ser: modelos a escala (tratan de mantener o conservar los rasgos del fenómeno modelizado en forma y/o funcionamiento).

2006	ROSARIA JUSTI	El significado más popular de la palabra modelo es el de que «modelo es una representación concreta de alguna cosa».
2011	AGUSTIN ADÚRIZ- BRAVO	Es posible entender los modelos como extensiones o proyecciones de una teoría hacia la realidad. Modelizar es establecer relación directa con el mundo (sistema), con el cual se evoca que algo es “parecido a”, lo que técnicamente se llama “similaridad”.
2018	ANA M LÓPEZ ÓSCAR TAMAYO	La modelización es la comprensión y el uso (por parte de los estudiantes) de sus propios modelos en la construcción de conocimiento.

4.14 La modelización en la didáctica de las ciencias

La didáctica de las ciencias genera propuestas que contribuyen al mejoramiento de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias; una de ellas y la cual comparten los presentes investigadores es la educación en ciencias basada en la práctica científica de la modelización; la cual ha tenido diferentes perspectivas desde que emergió al final del siglo XX, en la década de los 90s. (Godoy, 2018, p.2-3). Es por esto, que, en la actualidad, muchos investigadores educativos en ciencias apuestan por un enfoque basado en modelos que permee los planes de estudio, los rigurosos métodos de enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, así como las innovadoras estrategias de enseñanza y las formas de enseñar y aprender ciencias en la escuela (Godoy, 2018).

Para abordar los diversos aportes y concepciones de modelización, es importante destacar a Gallego Badillo (2004) quien señala que la *modelización*

constituye una de las actividades científicas centrales en la enseñanza de las ciencias escolares (Gallego, 2004). Por otra parte, Acher (2007) afirma que “*la modelización es un proceso que permite el uso de experiencias y modelos mentales iniciales sobre el fenómeno estudiado, así como establecer comparaciones que proporcionan un esquema de generalización de contexto; el cual permite consolidar y contrastar un determinado modelo a través de la*

formulación de preguntas consideradas como el eje central de la explicación de un fenómeno físico” (Acher, 2007).

La modelización es a su vez una propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y un objetivo de aprendizaje en sí mismo. En la literatura se encuentran planteamientos de diferentes didactas e investigadores sobre la importancia de los modelos y la modelización para la enseñanza de las ciencias (Gallego, 2004).

En este sentido se considera que el enfoque basado en la modelización favorece el aprendizaje de las ciencias naturales animando a los estudiantes a generar, evaluar y criticar sus propuestas de similaridad o representaciones cognitivas sobre los fenómenos del mundo, es decir que ellos sean capaces de elaborar modelos, acción que vinculará a los estudiantes en el aula con la actividad central de un científico. De esta manera estaremos contribuyendo a que se den auténticos aprendizajes en dicha disciplina obteniendo como producto el modelo científico escolar (MCE), por ejemplo, del modelo de ósmosis operativizado por la actividad científica escolar (Izquierdo, 2000).

Así mismo la modelización como estrategia didáctica es un modelo de trabajo en los escenarios de enseñanza aprendizaje que aportan aspectos teóricos y didácticos que proveen elementos necesarios para identificar los modelos construidos por los estudiantes para abordar un fenómeno (López- Mota y Moreno, 2014).

Por su parte, la modelización se entiende como el proceso de aprendizaje que acompaña al trabajo con modelos, no solo a la hora de construirlos, sino también de aplicarlos, revisarlos, modificarlos o, llegado el caso, cambiarlos por otros distintos (Justi y Gilbert, 2002) (como se citó en Aragón, 2018).

Ahora bien, nos preguntamos, desde la perspectiva de Adúriz-Bravo (2009) ¿Qué entendemos por ‘modelizar’ en el marco de nuestro modelo de ciencia escolar?

(Adúriz-Bravo-Izquierdo-Aymerich, 2009) y (Adúriz-Bravo, en prensa) Consideran primero cuatro significados de la idea de modelización en las ciencias naturales:

1. La modelización es el proceso de creación de modelos científicos originales, novedosos respecto del cuerpo de conocimiento establecido en un determinado momento histórico.

2. La modelización consiste en la construcción de argumentaciones en las que se subsumen los hechos científicos investigados bajo modelos disponibles que sean capaces de explicarlos o de dar cuenta de ellos.

3. La modelización supone el ajuste de los modelos establecidos a causa de la aparición de nuevos datos “anómalos” durante la investigación, como resultado del contraste por medio de las hipótesis teóricas.

4. La modelización contiene también el ‘ejercicio’ intelectual de aplicar modelos ya existentes a explicar hechos ya estudiados en un entorno de enseñanza y formación. (Adúriz-Bravo-Izquierdo-Aymerich, 2009).

Cuando los científicos, contrastan nuevos fenómenos con ‘modelos’ que tienen sentido en la teoría de referencia, colonizan nuevos ‘territorios’ e introducen nuevas entidades y reglas del juego que sugiere la modelización; en ciencias, esto forma parte del proceso de descubrimiento y de justificación de nuevos conocimientos (Izquierdo, 2004); se llama ‘modelización’ al proceso mediante el cual determinados fenómenos se convierten en ‘ejemplos’ de un modelo que permiten representarse lo que está ocurriendo al intervenir e interpretar los datos que se obtienen. El proceso de modelización en la investigación científica y el proceso de modelización en la

enseñanza son muy diferentes en algunos aspectos, pero coinciden en otros (Izquierdo, 2004); que los aprendices generan consensos que posibilitan las explicaciones razonadas de las representaciones y sus relaciones con el mundo.

De lo anterior, podemos rescatar que la actividad científica ofrece procesos fundamentales para la construcción y comprensión del conocimiento científico en el aula, indispensables para la modelización, dichos procesos “pensar, hacer y comunicar” se constituyen en piezas claves para la modelización en la construcción del Modelo Científico Escolar (M.C.E) del modelo de ósmosis. Estos procesos, permiten construir en el interior de las clases modelos expresados, que desarrollan un fenómeno en estudio, gracias a actividades potentes y bien diseñadas.

A partir de esta tipología de actividades consistentes con la elaboración de modelos (Sanmartí, 2002), la actividad científica escolar ACE busca que las clases de ciencias naturales sean fuertemente teóricas orientadas a la modelización de fenómenos, priorizando la dimensión práctica, es decir, llevar al estudiante a construir modelos partiendo de fenómenos del mundo, que abarquen problemas significativos para los estudiantes y la sociedad (Bahamonde, 2000; Bahamonde y Diaco, 2013)

Así mismo, se puede citar a Felipe (2005) quién concibió la modelización como una serie de actividades en las cuales los estudiantes utilizarán diferentes formas de representación de los conceptos desarrollados para formular descripciones y explicaciones de los mismo, elaborarán sus propias representaciones, analizarán críticamente los modelos utilizados (señalando su utilidad y sus limitaciones), y los compararán con modelos presentados por libros de texto y publicaciones científicas (Felipe, 2005).

4.15 **Antecedentes de la modelización en el campo de la didáctica de las ciencias**

A continuación, se presentan algunas investigaciones en las en donde se trabajó la modelización en ciencias:

- Del modelo del flogisto al modelo de la oxidación una aproximación didáctica a la determinación de los modelos mentales en la formación de profesores de química. Autor Rafael Amador 2006. En su investigación hace énfasis en la epistemología de las ciencias, realizando una caracterización de los modelos mentales, de los cuales, se muestra de acuerdo, que estos son externalizados y los define como Modelos Mentales Explicativos.
- Modelización del “Cambio Químico” en el ámbito del ser vivo. Autores: Sylvia Heroska Moraga. Toledo. Tutora: Mercè Izquierdo Aymerich, 2013. El trabajo de investigación se enmarca en una propuesta curricular desarrollada por el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias en la Universidad Autónoma de Barcelona; esta propuesta se está experimentando en ocho establecimientos educacionales ubicados en la comunidad de Cataluña. La propuesta curricular, se enmarca en la idea de una “ciencia para todos” y proporciona auténticas competencias del pensamiento científico. Se incorporan instrumentos didácticos que se han configurado en las últimas décadas (mapas conceptuales, bases de orientación, argumentación, discurso en clase, investigaciones o indagaciones protagonizadas por los alumnos, entre otros). Esta propuesta curricular plantea que el estudiante vaya construyendo su propio modelo de cambio químico a través diversas experimentaciones, representaciones (esquema y dibujos) y explicaciones (Moraga, 2013).

Por lo cual, a los investigadores, les parece relevante reflexionar sobre el modelo cognitivo de ciencias, la contextualización y la modelización, como estrategia de enseñanza y de aprendizaje (Moraga, 2013). En particular los investigadores se centraron en el modelo de cambio químico escolar desarrollado en los estudiantes, basado en una propuesta no tradicional e innovadora para la enseñanza de las ciencias. Diseñaron un instrumento que consistió en un cuestionario basado en las ideas fundamentales del modelo del cambio químico. Lo cual les permitió categorizar sus análisis en redes multisistémicas que generó conclusiones importantes en cuanto al planeamiento didáctico en el aula, por lo cual es fundamental apoyar al profesorado para que guíe y formule buenas preguntas y estimule una actitud crítica de los estudiantes.

- Diseño, implementación y evaluación de U.D. para la enseñanza de modelos de membrana celular. Autor Eduardo E. Lozano 2015.

Su investigación buscó interpretar procesos de modelización de fenómenos biológicos de membrana celular y de ideas metacientíficas contruidos por los estudiantes. La modelización y el tratamiento de ideas metacientíficas, son directrices provenientes de perspectivas teóricas actuales del campo de la didáctica de las ciencias naturales (Lozano, 2015), y esta tesis las pone en valor al interior de una materia de la formación biológica del profesorado, en el ámbito de la universidad.

Su investigación se fundamentó en el estudio de los procesos de modelización sobre fenómenos de membrana celular que implican el carácter fluido de su composición y que permiten otorgar sentido a diversos fenómenos de

la vida cotidiana, de laboratorio y de interés sociocientífico, a partir del diseño de una unidad didáctica desde el modelo cognitivo de ciencia escolar, advertido por ideas metacientíficas del eje *naturaleza de la ciencia*, para la enseñanza de la Biología Celular en el ámbito del Profesorado (Lozano, 2015).

En ese marco, la investigación didáctica desarrollada se contextualizó en el ámbito de la materia Biología Celular, y tuvo el objetivo general de interpretar procesos de modelización de fenómenos biológicos de membrana celular y de ideas metacientíficas construidas por los estudiantes (Lozano, 2015). La investigación tuvo un enfoque cualitativo y, orientada desde la perspectiva de los estudios de diseño, implicó la elaboración, implementación y evaluación de una unidad didáctica. El escenario en el cual se construyó el corpus empírico fue el ámbito natural de las clases del docente investigador. Se pudo constatar que los alumnos aprendieron, involucrándose en lo que llamamos “actividad científica escolar”, contenidos de membrana celular mediante procesos de modelización y también contenidos metacientíficos del eje naturaleza de la ciencia y que pudieron aplicarlos ante nuevas situaciones (Lozano, 2015).

- Enseñanza-aprendizaje del concepto de membrana celular en estudiantes de básica secundaria. Alexander Quiceno Idárraga. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Manizales, Colombia. 2015. En este trabajo investigativo, se presentan los modelos explicativos y los obstáculos frente a la enseñanza y el aprendizaje del concepto de membrana celular en estudiantes de séptimo grado, partiendo de la exploración de las ideas previas de los estudiantes e identificando los diferentes modelos explicativos acerca del

concepto de membrana celular y, a su vez, poder determinar los obstáculos más frecuentes frente al aprendizaje de este concepto (Quiceno, 2015).

- De igual manera, el trabajo fundamentó el diseño y la construcción de una unidad didáctica sobre el concepto de membrana celular, la cual contribuyó a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de dicho concepto y generó un aprendizaje en profundidad que les permitió a los estudiantes adquirir conocimiento científico para ser competente en diferentes contextos (Quiceno, 2015).
- Análisis histórico- epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de las ciencias al profesorado. Eduardo Lozano, Nora Bahamonde, Agustín Adúriz-Bravo, 2106. Los aportes de esta de investigación se tuvieron en cuenta para en el diseño y la implementación de una unidad didáctica para un curso de Biología Celular para la formación del profesorado de biología en la Universidad; la unidad integró contenidos biológicos y metacientíficos, tal cual lo establecen las actuales prescripciones curriculares de Argentina (Lozano y Bahamonte, 2016)

A partir de la producción de un análisis histórico-epistemológico de los modelos de membrana celular, que abarcó desde el surgimiento de la teoría celular en la primera mitad del siglo XIX hasta la aceptación del modelo de Overton a fines de ese mismo siglo, presentamos en este trabajo dos episodios históricos que dan cuenta de la compleja dinámica argumentativa y de los ajustes teórico-empíricos implicados en su formulación, y los relacionamos con dos “ideas clave” metacientíficas de interés para la enseñanza: una vinculada con la carga teórica de la observación y otra con los modelos analógicos (Lozano y Bahamonte, 2016).

- El diseño de Unidades Didácticas (UD) sobre el Modelo de Evolución Darwiniana en la formación en Didáctica de las Ciencias Naturales del profesorado de Biología. Pamela S Diaco. Directora: Dra. Nora Bahamonde. 2017. En esta investigación se consideró el diseño de unidades didácticas (UD) como una instancia propicia para el desarrollo y la puesta en práctica de marcos teóricos de la Didáctica de las Ciencias Naturales (DCN). La investigación llevada a cabo implicó, el análisis e interpretación de las UD (modelos de partida y modelos de arribo) elaboradas por futuros profesores para la enseñanza del modelo de Evolución Darwiniana en la educación secundaria, en los espacios curriculares de Introducción a la Didáctica de las Ciencias Naturales y Didáctica de las Ciencias Naturales del profesorado de Biología en la UNRN (Diaco, 2017).

Así mismo, posibilitó que el aprender a elaborar UD se constituyera en una actividad esencial de la formación de los nuevos profesores, debido a que cuando diseñan una UD, integran sus conocimientos disciplinares, metacientíficos y didácticos, su experiencia práctica y sus concepciones (Diaco, 2017). En este marco, se buscó promover procesos de reflexión metacognitiva por medio de intervenciones docentes especialmente diseñadas para la problematización y reformulación de los modelos de partida. Estas intervenciones generaron posibilidades, para que los modelos teóricos de DCN (Didáctica de las Ciencias Naturales) se constituyan en referentes que orienten la toma de decisiones en el proceso de diseño de la actividad científica escolar (Diaco, 2017).

- La modelización en la enseñanza de los conceptos de sustancia y mezcla. Ruge y Mosquera (2018). Esta investigación tuvo como propósito favorecer la

comprensión de las nociones de sustancia y mezcla en estudiantes en un curso de química de educación media a través de la construcción de modelos, como estrategia de enseñanza. Se trata de revertir el hecho que en general, los conceptos abordados en clases de ciencias se enseñan sin ahondar lo suficiente como para lograr que los estudiantes no sólo los comprendan significativamente, sino que puedan explicar fenómenos cotidianos a partir de los conocimientos que elaboran (Forigua y Mosquera, 2018).

Además, en esta investigación se alcanzaron algunos resultados por los estudiantes y fueron valorados en términos de representaciones, modelos teóricos, construcciones conceptuales y usos de modelos para interpretar sustancias, reafirmando la importancia de la modelización en el aula como estrategia de enseñanza/aprendizaje (Forigua y Mosquera, 2018).

4.16 Modelos mentales expresados

En el campo de la didáctica de las ciencias se hace necesario generar una enseñanza centrada en el desarrollo del pensamiento, la comprensión, la justificación y explicación de las ciencias desde un enfoque escolar, que involucre a la ciencia en un sentido epistemológico, teórico y didáctico; que posibilite a los estudiantes actuar como científicos escolares, dando razones, estableciendo conexiones y explicando fenómenos de acuerdo a sus saberes y al contexto en el que se desenvuelve, construyendo modelos y comunicando sus ideas como lo hace un científico. Es por eso, que desde la didáctica de las ciencias diversos autores e investigadores estudian la importancia de la modelización en la enseñanza de las ciencias, “comenzando a considerarse como una dimensión de las competencias científicas” (Aragón, 2018) lo que hace

necesario que desde las prácticas escolares se generen modelos que representen y expliquen fenómenos de la naturaleza y de las ciencias desde una visión escolar.

La construcción de modelos escolares, hacen que las clases de ciencias se parezcan más a un juego imaginativo (Izquierdo, 1999), que al cumplimiento y desarrollo de un contenido, lo que ha de ser atractivo y motivante para los estudiantes, pues de esta manera podrán conectar sus ideas y sus propias representaciones para poder dar razones de la manera cómo funciona y ocurre los fenómenos, permitiéndole conectar el saber científico escolar con sus experiencias, recreando sus aprendizajes y cobrando valor en su formación.

Las representaciones internas son de carácter individual, ocupan un lugar en la mente de los sujetos y nos permiten mirar el objeto en ausencia total del significante perceptible; pueden ser conceptos, nociones, creencias, fantasías, guiones, modelos mentales, imágenes, entre otras. Estas representaciones son construidas tanto por científicos como por cualquier otro sujeto; en el primer caso, obtendríamos una teoría científica y, en el segundo, una teoría intuitiva acerca del mundo (Tamayo, 2006). Son “escolares” en la medida en que son modelos para la enseñanza (Justi, 2006), diseñados para que el profesor ayude a sus estudiantes a aproximarse al modelo científico. Y podemos decir que son “analógicos” al encontrarse normalmente basados en analogías (Chamizo, 2010).

Por otra parte, en el campo de la didáctica de las ciencias, las conceptualizaciones en términos de las categorías de modelo han expuesto diversas definiciones de este, Ingham y Gilbert (1991) sostienen que un modelo es una representación simplificada de un sistema que concentra la atención en un espacio específico. Cada modelo permite que algunos de sus aspectos (por ejemplo, objetos, eventos o ideas) estén en una escala diferente de la que normalmente son percibidos, o bien que entidades abstractas puedan hacerse visibles.

Según Chamizo (2010) los modelos científicos escolares pueden ser clasificados de acuerdo a la analogía, al contexto y a la porción del mundo que rodean. Teniendo en cuenta esta relación, se hace necesario evocar que, en relación con la analogía, los modelos pueden ser mentales, materiales y matemáticos; los modelos materiales han sido contruidos para representar y comunicar con una intención. Estos modelos son considerados por Gilbert como modelos mentales expresados, que hacen uso de vocabulario específico para explicar, ejemplificar o dar a conocer a través de prototipos, maquetas o representaciones un conocimiento científico.

Así mismo, Justi y Gilbert (1999) sostienen que los modelos expresados serían aquellos que son colocados por un individuo en el dominio público a través de una forma de expresión (por ejemplo: discurso, escritura). En este sentido, se hace necesario resaltar la caracterización de los modelos expuesta por Felipe (2005) quien expresa que los modelos científicos pueden ser caracterizados según las siguientes aseveraciones: son construcciones de la mente humana, son representaciones de ideas o conceptos que se tienen sobre la realidad, son productos de la ciencia, cumplen un importante papel en la construcción del conocimiento y la comprensión de los fenómenos naturales, predicen, describen y explican fenómenos naturales, objetos y estructuras (Felipe, 2005).

De esta manera, en esta investigación se asume que los modelos son esenciales para la enseñanza de las ciencias, en este ejercicio la noción de modelo que ayuda a categorizar los modelos es que “los modelos son entidades abstractas, representaciones que subrogan, que reemplazan algunos aspectos del mundo que se estudian y actúan como mapas para facilitar su comprensión.” (Gieryn, 1999; Adúriz-Bravo 2011, 2012) Además, la relación entre el mundo real y los modelos es la de *similitud* una relación lógicamente intransitiva que no conduce a la

“verdad”: un modelo no es verdadero, sino similar al sistema real *en algunos aspectos y grados*, que dependen tanto de las capacidades biológicas del ser humano como de convenciones y paradigmas socialmente aceptados (Adúriz-Bravo- Martín Labarca, 2014, p.42). De acuerdo con lo anterior, se propone la clasificación de los modelos expresados por los estudiantes de la siguiente manera:

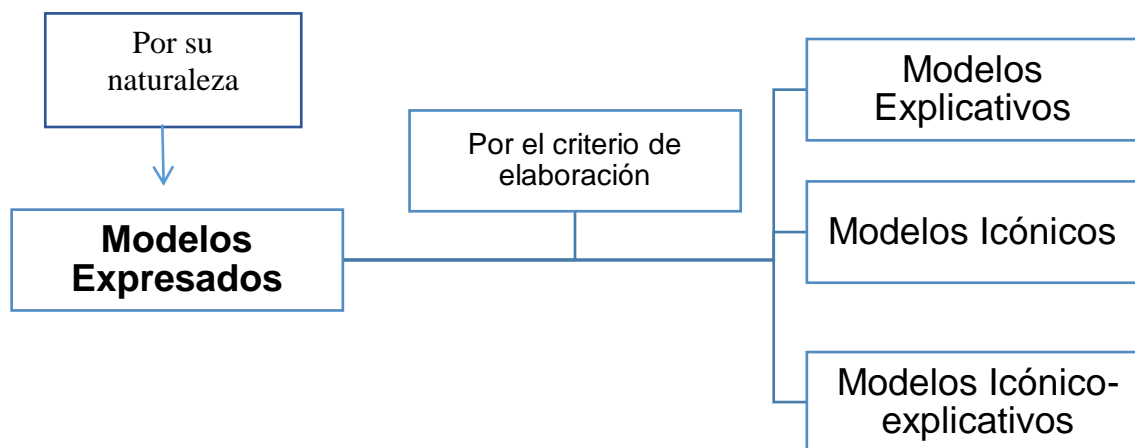


Figura 4-1 Modelos expresados

4.17 Modelos explicativos

Los modelos expresados por los estudiantes, les permiten organizar sus ideas, describir y explicar sus datos, observaciones, comparaciones, descripciones y comprensiones acerca de un fenómeno, situación o contexto. Este tipo de representaciones resulta interesante en la medida en que cobra valor la creación y la expresión de las ideas, de forma oral o escrita.

En el contexto escolar los modelos no son colecciones de datos aislados, son útiles en virtud de que capturan importantes relaciones con un sistema (Tamayo, 2013). En este orden de ideas, en el contexto escolar, las explicaciones están asociadas a la construcción de un modelo que les permita a los estudiantes organizar el conocimiento. Según Tamayo (2013) “los modelos explicativos son invenciones que aportan nuevos términos teóricos e imágenes, las cuales son

parte de las visiones científicas del mundo” (p.82). Por lo cual, para la formulación de estos modelos explicativos, se hace necesario generar unas hipótesis que permitan formular preguntas e inquietar el pensamiento de los científicos escolares en la búsqueda de analogías que describan, predigan y expliquen su similaridad, relación o parecido con el fenómeno, o contexto de estudio. Lo anterior, propicia el uso del lenguaje, la comunicación de ideas, de forma oral y escrita, que busquen dar razones de cómo suceden, por qué suceden y a qué se parecen los sucesos, procesos, funciones, formas, configuraciones, sistemas.

Según Gómez (2003) afirma que:

“una explicación es un acto que intenta hacer algo claro, entendible o inteligible. Existen diversos tipos de explicaciones (comunes, históricas, científicas). En su elaboración influyen las circunstancias y razones por las que se producen, buscando todas ellas resolver un problema, un enigma o dificultad”.

Siendo así, los modelos explicativos son ricos en descripciones y explicaciones de los diferentes conceptos y fenómenos estudiados, por lo cual la construcción de estos modelos apoya a la construcción de explicaciones científicas y escolares. De esta manera, un modelo explicativo, se caracteriza por el uso del lenguaje y los tipos de explicaciones dadas por los estudiantes.

Por consiguiente, es importante resaltar a Gómez (2003), quien divide las explicaciones atendiendo a su función: a) *“para ampliar un significado, es decir, explican qué es algo, lo hacen entendible y, lo clarifican; b) para justificar, lo que implica apelar a las normas, estándares o valores establecidos; c) para describir, esto es, decir que pasa o sucede; se introduce*

generalmente una secuencia temporal, o d) para establecer causalidades, en la cual se introducen los mecanismos que causan un patrón observado” (Gómez, 2003, p. 76-77).

En la ciencia se pueden definir modelos desde dos ópticas: macro y microscópicos, los cuales permiten mirar al mundo desde lo general a lo particular; movilizandolos las ideas y representaciones de los estudiantes desde lo que logran tocar, palpar, conocer, desde el ámbito macroscópico, corresponde a representaciones mentales que proceden de la realidad observable (Aragón, 2013) y le permiten establecer relación en su contexto y compararlo o establecer semejanzas para relacionarlo en grados y aspectos con un vínculo científico, abstracto y complejo que les facilite entenderlo desde su dimensión microscópica. La mayoría de los autores consideran que dicha evolución de representación macro y microscópica es un factor positivo y un indicador de aprendizaje, al revelar un proceso de transformación de una imagen del mundo basada en aspectos perceptibles a otra centrada en aspectos formales que van más allá de lo que el alumno puede ver y tocar (Aragón, 2013). Lo anterior, se logra vivenciar gracias a los vínculos establecidos desde el nivel macroscópico de representación y organización de los seres vivos.

4.18 Modelos icónicos

Un modelo icónico es una representación física de algunos objetos (Carvajal, 2002), ya sea en forma idealizada o en escala distinta; básicamente, todas las imágenes son modelos icónicos. Este tipo de modelos se asemeja directamente a una propiedad o conjunto de propiedades de un hecho, proceso, sistema entre otros, los cuales pueden ser de dos tipos, el primero una representación física, total o parcial y a escala de lo que se quiere representar, por ejemplo, una maqueta. Por su parte, el segundo obedece a una representación pictórica bidimensional y a escala, que se relaciona o se asemeja en grado y similaridad con el concepto o fenómeno estudiado, como por ejemplo dibujos, imágenes, gráficos (Carvajal, 2002).

Por su parte, para Felipe (2005) se reconoce:

“Los modelos icónicos (con cierta semejanza entre lo modelizado y el modelo); pueden ser: modelos a escala (tratan de mantener o conservar rasgos del fenómeno modelizado en forma y/o funcionamiento). Otro tipo de modelos icónicos son los esquemáticos (se presentan seleccionando algunas propiedades) y los distorsionados (con algunas propiedades a escala y otras fijas)” (Felipe, 2005, p.5).

De esta manera, los modelos icónicos también se convierten en herramientas de aprendizaje, porque facilitan entender, reaccionar y explicar las ideas que se generan y subyacen en el nuevo aprendizaje de los estudiantes, relacionando y vinculando el fenómeno con la carga conceptual o teórica para dar valor a un aprendizaje de la ciencia escolar desde sus vivencias en la escuela.

4.19 Modelo Icónico- explicativo

Con gran frecuencia, el propósito de las ciencias es darle explicación a la naturaleza, la sociedad y su relación con los seres vivos. Situación que genera la necesidad no solo de representar o modelar situaciones, conceptos o prodigios sino de darle explicaciones y expresar razones de cómo sucede, por qué sucede, para qué sucede y verbalizar la intencionalidad de esa representación.

Los modelos icónicos explicativos, tratan de que los alumnos acompañen sus dibujos con texto, o los expliquen, que utilicen representaciones gráficas y el lenguaje de la ciencia escolar de forma coordinada. También se puede entender que los alumnos van generando diversas representaciones que les permite ir explicando diversos aspectos del modelo en forma de explicaciones narrativas, que llevan una secuencia o la evolución de un aprendizaje (Gómez, 2014).

Un modelo icónico explicativo describe, identifica y explica los aspectos representados en un dibujo, generan la capacidad de establecer relaciones e incorporan en la actividad escolar de la ciencia el ejercicio de narrar y escribir sobre lo que se estudia, estableciendo relaciones, cobrando valor la conexión de las ideas, el vocabulario científico, los vínculos y reflexiones sobre su propio aprendizaje.

En palabras de Gómez (2013) las explicaciones integradas no se evalúan individualmente, sino que se consideran dentro de una historia narrativa o un grupo de explicaciones relacionadas y su finalidad es aumentar la comprensión del fenómeno. En principio, una explicación es un acto que intenta hacer algo claro, entendible o inteligible, en su elaboración, influyen las circunstancias y razones por las que se producen, buscando todas ellas resolver un problema, un enigma o una dificultad (Gómez, 2006).

Por tanto, así como los científicos construyen modelos de una porción del mundo, los estudiantes construyen modelos de un concepto y lo conectan con una carga teórica que les permite entender el mundo desde la ciencia escolar.

4.20 Modelo Científico Escolar de Ósmosis

4.21 Células: Las unidades estructurales básicas

Está aceptado, y según la evidencia científica, que los primeros organismos unicelulares aparecieron hace aproximadamente 3600 millones de años, Algunos, eran fotosintéticos y obtenían su energía de la luz solar. Las primeras formas de vida sobre la tierra aparecieron en el medio acuático y debieron haber obtenido sus materias primas y energía de moléculas orgánicas simples disueltas en su ambiente acuoso. Estas moléculas orgánicas tuvieron que formarse por medios abióticos como el agua, los factores atmosféricos y los minerales disueltos (Solomon,

Berg, Martin, 2013). Hoy en día se piensa, que las cianobacterias que se existen en la actualidad son muy parecidas a estos organismos fotosintéticos que existieron en el pasado. Por otro lado, como resultado de estas reacciones químicas no biológicas que ocurrieron en los océanos primitivos, se presentaron muchos cambios que posibilitaron la evolución de la vida en la tierra (Solomon et al., 2013).

A medida que iba cambiando el medio ambiente terrestre, y que se iba agotando la materia orgánica existente, los organismos fueron evolucionaron, por ejemplo, las células procariotas que probablemente aparecieron hacen 3,5 mil millones años, no tenían núcleo, presentaban simple ADN circular y carecían de orgánulos internos. Sin embargo, algunas células procariotas fueron perdiendo sus paredes celulares, quedando rodeadas de membrana plasmáticas y replegando en su interior otras membranas que dieron formación a los organelos internos. Cuando los plegamientos de ADN quedaron envueltos y organizados en una membrana nuclear, dieron origen a las primeras células eucariotas. Por otra parte, la teoría endosimbiótica sobre el origen de las células eucariotas, propuesta por Lynn Margulis, sugiere que estas células se formaron por la unión cooperativa, simbiótica, de células procariotas (Solomon et al., 2013).

En este orden de ideas, se puede destacar que las primeras células eucariotas estuvieron, formadas por la unión de diversos tipos de células procariotas. La aparición de las células eucariotas fue un acontecimiento de una gran importancia de la historia de la vida en la Tierra porque estas células darían origen a todos los seres vivos pluricelulares; es decir, a las plantas, a los hongos y a los animales (Darnell, Lodish y Baltimore, 1986, p. 545). Cada célula era diferente y potencialmente capaz de ser una unidad autónoma y autosuficiente, pero se dio un fenómeno biológico y progresivo en el cual las células se les presentó la necesidad de depender

de otras células en algunos aspectos de su existencia, organizando de esta manera seres más complejos con niveles de organización multicelular.

Teniendo en cuenta este desarrollo evolutivo, la célula es la unidad básica de la vida, pues todos los organismos vivos están constituidos por células. *“La célula no solo es la unidad fundamental de todo organismo, es la unidad estructural, funcional y vital de todo ser vivo, todas las células proceden de otra ya existente, así lo expone la teoría celular expuesta por Scheilden, Schawann y Virchow hacia el año de 1855” (Solomon, Berg, Martin, 2013, p, 75).*

Las células desarrollaron como modo de vida una íntima interdependencia y cooperación entre ellas, con lo que los organismos pudieron incrementar sus capacidades para crecer y sobrevivir en ambientes diferentes sin tener que desarrollar nuevas formas de organización. Los nuevos organismos que surgieron, desde las simples esponjas hasta los mamíferos y plantas más complejas están formados por unas masas de células individuales, donde cada tipo de célula es capaz de llevar a cabo una función determinada. Las células establecen relaciones con otras células, y otros factores en el ambiente en que interactúan. Aunque la membrana plasmática constituye el límite entre una célula viva y su ambiente inerte, los materiales que se encuentran fuera de ésta tienen una función importante en la vida de un organismo (Mader, 2003). La mayor parte de las células de una planta o de un animal están organizadas en tejidos bien definidos en los que mantienen una relación definida entre sí y con los materiales extracelulares que están entre ellas. Incluso las células que no están fijas dentro de un tejido sólido, como los leucocitos que vigilan el cuerpo, deben interactuar en formas muy específicas con otras células y con materiales extracelulares con los que entran en contacto. Estas interacciones regulan actividades tan diversas como la migración, el crecimiento y la diferenciación de las células (Mader, 2003).

Estas relaciones en las células, ocurren gracias a las propiedades de las superficies que las envuelven, delimitan y comunican con el entorno como lo son las membranas biológicas. En las células eucariotas, las membranas biológicas más importantes son la membrana nuclear y la membrana plasmática, estas membranas resultan parecidas a los mecanismos de protección y seguridad, mientras la membrana nuclear guarda, asegura y protege el material genético, la membrana plasmática comunica a la célula con el exterior, la protege y comunica con el medio extracelular, tal cual como lo hacen los sistemas de seguridad en una empresa. De igual manera esa membrana es selectiva, solo reconoce el paso de las sustancias permitidas como agua, iones (Na^+ , Mg^+ , K^+ , Cl^+), glucosa, entre otros (Darnell et al., 1986).

4.22 Características, composición y función de la membrana plasmática

Como se ha mencionado, cada célula está rodeada de una membrana plasmática que la separa específicamente del medio exterior y le permite delimitarse. ... Las membranas biológicas son un conjunto de capas moleculares que se organizan de forma dinámica, formando una estructura de capas: proteínas, lípidos, que se encuentran en constante movimiento (Solomon. et al, 2003, p. 115). Para otros autores como Irving Langmuir (1916) “la membrana era considerada una monocapa lipídica, él explicaba que esta era una constitución de capas monomoleculares, explicando que en las monocapas existen regiones hidrofílicas e hidrofóbicas; dispuestas en la superficie de la capa en contacto con el agua se encuentran las moléculas hidrofílicas o grupos polares, y en el interior las capas alejadas del agua, se identifican las moléculas hidrofóbicas o grupos Apolares” (Mader, 2003) Lo explicado por esta idea se puede representar así:

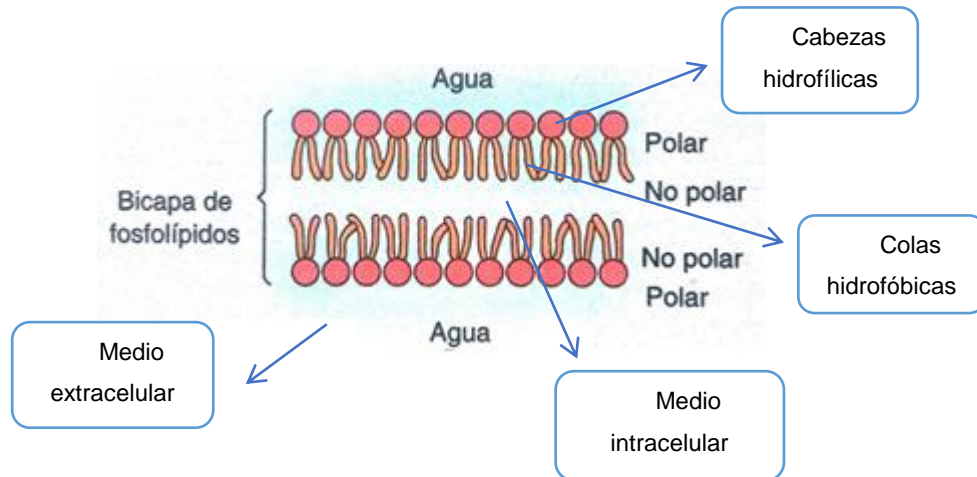


Figura 4-2 Representación de la interacción de los lípidos en la membrana. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación.

Ahora bien, el aspecto más relevante de las membranas es su composición, de esta, dependen sus características y propiedades, así lo expresa Jonathan Singer y Garth Nicolson quienes, en 1972, propusieron el Modelo de Mosaico Fluido en el que representaron una síntesis de las propiedades conocidas hasta su época de las membranas plasmática. De acuerdo a esto, consideraron que una “membrana celular consiste en una bicapa fluida de moléculas de fosfolípidos en la que las proteínas están incrustadas o asociadas de alguna forma. Sin embargo, difiere de la característica de estática de un mosaico, pues las proteínas están en constante movimiento a lo largo de la membrana”. (Solomon. Et al.,2003, p. 116).

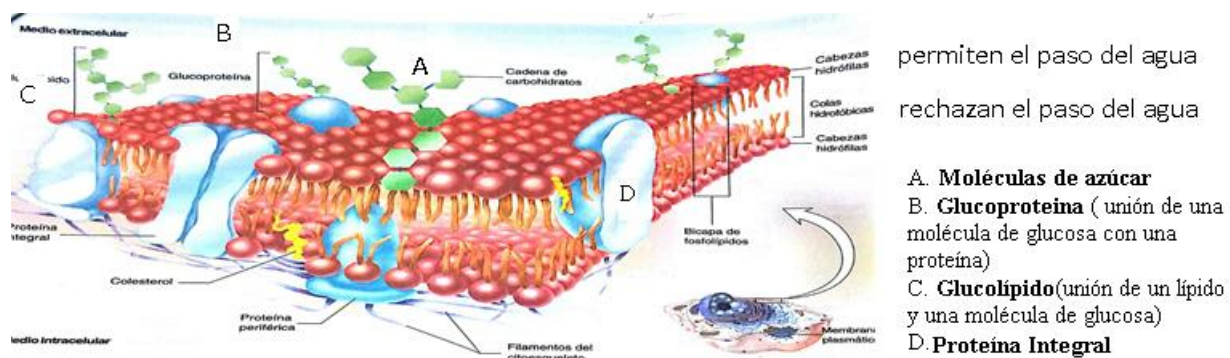


Figura 4-3 Representación del Modelo de Mosaico Fluido. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación.

Las membranas tienen propiedades que les permiten a la célula realizar muchas funciones vitales. De esta manera, pueden regular el paso de materiales, “dividen las células en compartimientos, sirven como superficies para reacciones químicas, se adhieren y comunican con otras células y transmiten señales entre el medio ambiente y el interior de las células” (Solomon. et al., 2003, p. 116). De igual manera, las membranas biológicas presentan unas características físicas que describen la forma como están constituidas. De acuerdo con el modelo de “mosaico fluido de la estructura de la membrana, la constitución de estas se encuentra determinada por sus componentes principales como son lípidos y proteínas. Muchos de los lípidos en la membrana plasmática son fosfolípidos, de los cuales se sabe que se distribuyen de manera espontánea en una bicapa” (Mader, et al., 2003, p. 81). Esta constitución de los fosfolípidos permite su asociación entre las colas, formando un mosaico y que las cabezas hidrofílicas de los fosfolípidos estén en contacto con el medio acuoso, permitiendo la aceptación del agua. Por tanto, las colas de grasas que son hidrofóbicas se ocultan en el interior de la estructura, lejos del agua.

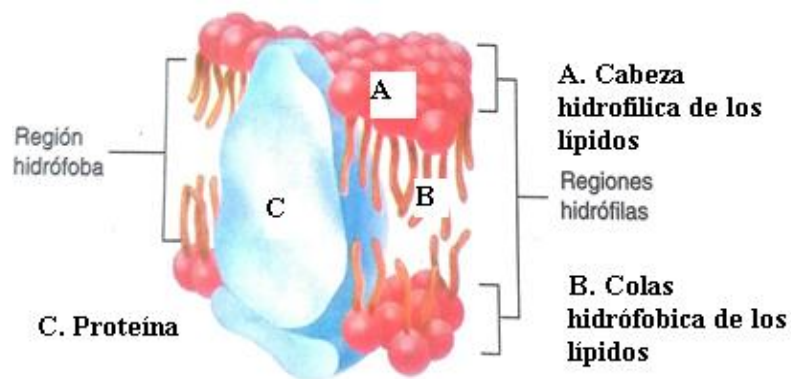


Figura 4-4 Representación de la interacción de los lípidos en la membrana. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación

4.23 La bicapafosfolípida: la unidad estructural básica de las membranas biológicas

Todas las membranas, sea cual sea su origen, contienen tanto proteínas como lípidos. La proporción de proteínas y lípidos varía enormemente. Todas las membranas contienen una proporción importante de fosfolípido, como fosfatidilcolina, fosfatidilserina, fosfatidiletanolamina, esfingomielina y fosfatidilinositol. Muchas contienen también colesterol, este es abundante en la membrana plasmática de los mamíferos y está ausente en la mayoría de las células procariotas. *“Los glúcidos también son constituyentes importantes de muchas membranas, estos están unidos a las proteínas y forman las glucoproteínas, como a lípidos formando los glucolípidos. Los glúcidos son especialmente abundantes en las membranas plasmáticas de las células eucariotas”*. (Darnell et al., 1986, p.147)

A pesar de que la composición de la membrana es variable, se cree que todas las membranas biológicas están constituidas bajo un patrón común como se evidencia en la siguiente figura, todas ellas contienen una bicapa de fosfolípido como unidad estructural básica, es importante recordar que todos los fosfolípidos son moléculas anfipáticas: tienen una parte hidrofóbica y otra hidrofílica. Las fuerzas físicas fundamentales en la construcción de las

membranas biológicas son las interacciones hidrofóbicas entre las cadenas de ácido graso de las moléculas lipídica. *“Estas interacciones dan lugar a la formación de una bicapa fosfolípida, una hoja que contiene dos capas de molécula de fosfolípidos cuyas cabezas polares se disponen frente al medio acuoso mientras sus cadenas de ácidos grasos forman un interior hidrofóbico continuo. A cada capa de fosfolípido se llama hojuela”* (Darnell et al., 1986, p.148).

Una diferencia importante entre los fosfolípidos está en las cabezas polares. A pH neutro pueden tener carga negativa o pueden no tener carga neta. Algunos lípidos menos frecuentes tienen una carga neta positiva. Sin embargo, todas las cabezas polares pueden empaquetarse juntas en una bicapa fosfolípida. Los glucolípidos son también anfipáticos y pueden empaquetarse junto con los fosfolípidos para formar bicapas.

Además de los fosfolípidos, las proteínas asociadas de la membrana plasmática son esenciales para las actividades celulares y forman canales que participan en el transporte de sustancias específicas entre las células, moviendo determinadas sustancias a través de la membrana como iones, glucosa, aminoácidos, entre otras. En este proceso, “las proteínas se adhieran en la bicapa y se asocian a los espacios hidrofílicos o hidrofóbicos tomando la condición de los fosfolípidos, aceptando o rechazando el agua en algunos momentos” (Darnell et al., 1986, p.149). Esta característica, obedece a la forma asimétrica de la membrana, es decir, a la diferencia entre sus dos mitades, permitiendo que las posiciones de las proteínas cambien, por lo que las bicapas tienden a resistirse a la formación de espacios libres, de modo que se auto protegen sellándose con la formación de vesículas cerradas. Otra característica de la membrana es que en algunos casos presenta flexibilidad y cambian sin romperse.

En las primeras décadas del siglo XX, los investigadores que trataban de descifrar la estructura de la membrana celular fragmentaron las células y analizaron su composición.

Descubrieron que todas las membranas biológicas estaban compuestas por lípidos y proteínas, y una pequeña cantidad de hidrato de carbono. Pero una estructura única y uniforme no permitía explicar la gran variedad de propiedades de la membrana que se hallaron en distintos tipos de células. Una bicapa lipídica sería una estructura inestable si tuviese un extremo libre en el que una región hidrofóbica de la bicapa se encontrase en contacto con el agua. Todas las membranas celulares engloban compartimientos cerrados de la célula y todas las bicapas tienen una cara interna, el lado orientado hacia el interior del compartimiento, y una cara externa, en contacto con el medio que rodea el compartimiento. Dicha estructura celular actúa como una barrera semipermeable entre la célula y el medio extracelular.

Según la membrana que se trate, las proteínas forman diversas estructuras, por lo cual se pueden destacar la diversidad de proteínas, quienes desempeñan diferentes funciones, por ejemplo, las proteínas integrales, unidas con firmeza a la membrana, algunas atraviesan la membrana y se llaman transmembranas, forman poros por los cuales puede pasar el agua y otras sustancias diluidas. Por su parte, las periféricas no se incrustan en la bicapa de lípidos, se encuentran en el exterior o interior de la superficie de la membrana y se unen a las integrales. En este mismo orden las proteínas transportadoras mueven a través de las membranas iones, aminoácidos, azúcares y otras moléculas. Las de canal, forman poros que permiten el paso de iones o moléculas específicas libremente; están pueden ser porinas que permiten que diversos solutos o agua pasen a través de las membranas y las acuaporinas que funcionan como canales de agua con compuertas, faciliten el traslado rápido de agua a través de las membranas (Solomon et al., 2013, p. 115).

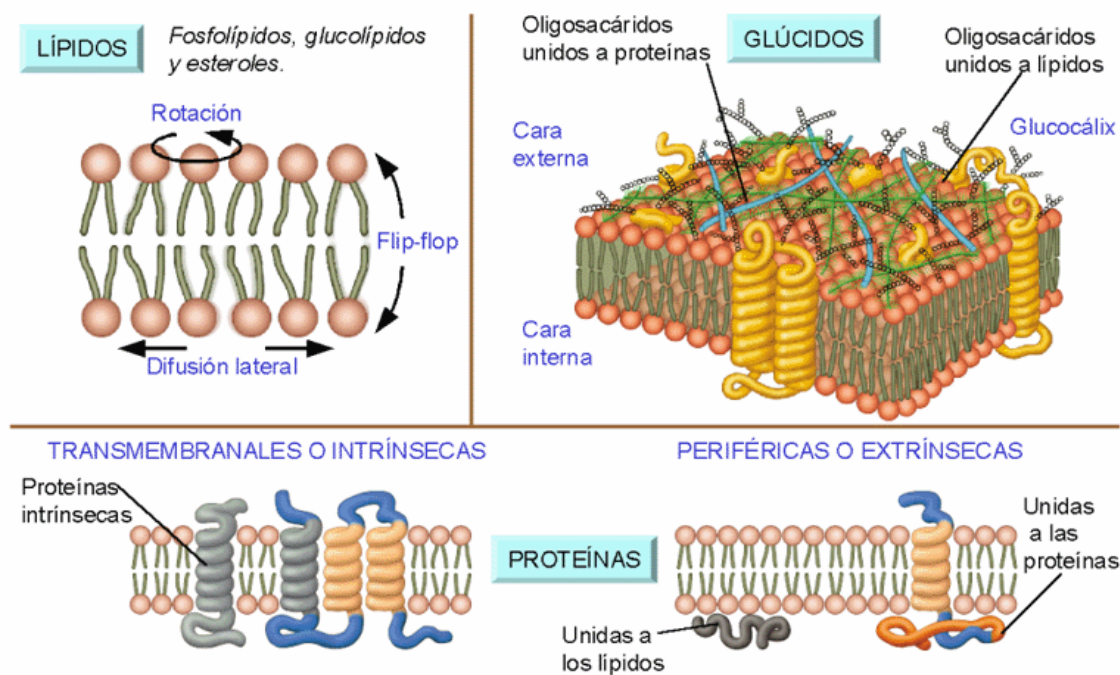


Figura 4-5 Lípidos, glúcidos y proteínas.

Tomada de <https://www.asturnatura.com/articulos/envoltura-celular/membrana-plasmatica.php>

Además de la estructura y las características de la membrana es fundamental destacar las funciones que esta desempeña como son:

- **Aislamiento Físico.** La membrana celular es una barrera física que separa el líquido intracelular en el interior de la célula del líquido extracelular que la rodea.
- **Regulación de intercambio con el medio.** La membrana celular controla la entrada de iones y de nutrientes en la célula, la eliminación de desechos celulares y la liberación de productos desde la célula.
- **Comunicación entre la célula y su medio.** La membrana celular contiene proteínas que le permiten a la célula reconocer y responder a las moléculas o a los cambios en su medio exterior. Toda alteración en la membrana puede afectar las actividades celulares.

- **Sostén estructural.** Las proteínas de la membrana celular mantienen en su lugar el citoesqueleto, el andamiaje interno de la célula, para conformar la forma celular. Las proteínas de la membrana también crean uniones especializadas entre las células adyacentes o entre las células y la matriz.

4.24 ¿Cómo pasan los materiales a través de las membranas celulares?

La membrana celular es una estructura con permeabilidad selectiva o semipermeable, permite el paso de sustancias de manera regulada. Esta característica, posibilita que actúen como barrera reguladora para el paso de sustancias en el que la célula controla su volumen y cantidad de sustancias iónicas y molecular interna, este transporte, que pueden ser mayor, menor o igual que la del entorno exterior. Esta membrana es más permeable a moléculas pequeñas no polares (hidrófobas), las cuales pueden pasar a través de la bicapa lipídica hidrófoba como el oxígeno (O_2) y el dióxido de carbono (CO_2), las cuales son muy pequeñas y atraviesan rápidamente. Otras moléculas como el agua, aunque son polares, logran atravesar los huecos de las cadenas de ácidos grasos lentamente por su diminuto tamaño. La bicapa que constituye la membrana celular es impermeable a iones y a la mayoría de las moléculas polares grandes. (Solomon et al, 2003, p. 115). Esta permeabilidad debe ser altamente selectiva para asegurar que moléculas esenciales como las de glucosa, aminoácidos y lípidos puedan entrar fácilmente en la célula, que estas moléculas e intermediarios metabólicos permanezcan y que compuestos de desechos salgan de ellas. En conclusión, se puede afirmar que la permeabilidad selectiva de la membrana permite a la célula mantener un medio interno constante.

En este orden de ideas se valora la permeabilidad como una “propiedad derivada de la estructura de la membrana que permite que pasen con libertad los gases, las moléculas no polares

pequeñas y las polares no cargadas (agua), siendo impermeable a iones y moléculas polares de gran tamaño” (Starr, 2009, pág. 83). El paso de sustancias del interior al exterior de la célula o viceversa es una característica que se da comúnmente en las células eucariotas mediante los transportes a través de la membrana, considerados estos, como los mecanismos que regulan el paso de solutos como iones y pequeñas moléculas, mediante las bicapas lipídicas.

Estos transportes se clasifican de acuerdo al tamaño de las partículas y al gasto de energía en transporte pasivo y transporte activo. *“El transporte pasivo no requiere gasto de energía metabólica. Muchos iones y moléculas pequeñas se mueven a través de las membranas por difusión, la cual es considerada como el movimiento de moléculas de un área de concentración mayor a otra en que ésta es menor. Hay dos tipos de difusión, la difusión simple y la difusión facilitada”* (Martin, 2013, pág. 116). La difusión simple como su nombre lo indica no necesita de ningún agente que ayude al movimiento o desplazamiento de las moléculas, por su parte la difusión facilitada requiere ayuda de mecanismos transportadores o facilitadores que permitan el movimiento de las moléculas de un medio a otro, como por ejemplo las proteínas transportadoras o de canal y la bomba de sodio y potasio.

Dentro del transporte pasivo, se presenta la difusión de agua hacia el interior y exterior de las células como un fenómeno físico-químico el cual recibe el nombre de ósmosis. Para Nazira Píriz (2016) la ósmosis es el pasaje de solvente (como el agua), a través de una membrana semipermeable, este pasaje de agua termina cuando se igualan las concentraciones (Píriz, 2016). De acuerdo a estas consideraciones, se estudia el grado de concentración de soluto en una solución, el cual es conocido como tonicidad. Cuando las concentraciones del soluto varían, la tonicidad en la célula también, como una propiedad vinculada a los efectos que ella tiene en el volumen celular presentándose tres tipos de soluciones:

- Soluciones hipotónicas: es aquella que tiene menor concentración de soluto en el medio exterior en relación al medio interior de la célula, es decir, en el interior de la célula hay una cantidad de sal mayor que de la que se encuentra en el medio en la que ella habita. En muchas ocasiones, el medio circundante no es el apto para el desarrollo vegetal, provocando la salida masiva de agua; a este tipo de soluciones se le conoce como hipotónica (del griego *hypo*, "por debajo") (Murray, 2005). Estas soluciones, hacen que las células aumenten su tamaño, incluso exploten (lisis en células animales, turgor en células vegetales). Se refiere a soluciones con menor concentración de soluto (más agua) que las células. (Mader, 2003)
- Soluciones hipertónicas: (del griego *hypér*, en exceso y *ton(o)*, tensión) es aquella que tiene mayor osmolaridad en el medio externo, por lo que una célula en dicha solución pierde agua (H_2O) debido a la diferencia de presión, es decir, a la presión osmótica, llegando incluso a morir por deshidratación (Murray, 2005). Estas soluciones, hacen que las células se encojan a causa de la pérdida de agua, se refiere a las soluciones con porcentaje de soluto más alto que el de las células. Al perder agua las células se deshidratan, en las células animales recibe el nombre de crenación y en las vegetales de plasmólisis. (Mader, 2003). En la plasmólisis sucede algo interesante, y es que la membrana celular se separa de la pared celular cuando la célula pierde agua, como se ve en la figura que se muestra en la siguiente página. (figura. V)
- Soluciones isotónicas: en condiciones en la que se da una entrada y salida de agua, encontramos que la célula no ocupa todo el espacio encerrado por la pared celular y a nivel de planta, esta se muestra flácida o un poco marchita; a esta

condición se le conoce como isotónica (del griego *isos*, "igual") (Murray, 2005).

En este tipo de soluciones las células no ganan ni pierden agua. No ocurre pasaje de agua neto en ningún sentido. Por ende la célula no modifica su tamaño. (Piríz, 2016)

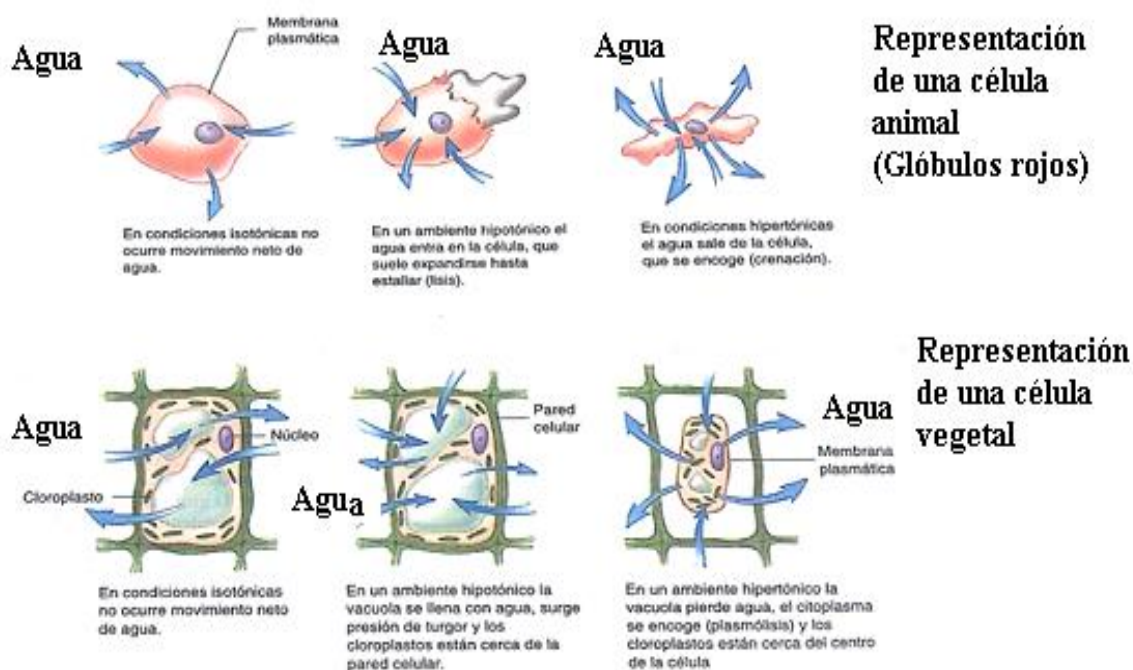


Figura 4-6 Representación de la ósmosis en células vegetales y animales. Las flechas indican el movimiento neto de agua. Imagen tomada del texto Biología (Mader, 2003). Modificada según la necesidad de la investigación.

4.25 Ósmosis y paso de iones

Han pasado 270 años desde que el fenómeno osmótico fue observado por primera vez por el clérigo francés Nolleten (1748), desde ese entonces se convirtió la ósmosis en un tema de especial interés para las ciencias biológicas, este trabajo fue realizado principalmente con el estudio del comportamiento de membranas biológicas de origen animal y vegetal. (Recuperado de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/16/html/sec_4.htm).

La determinación de la ósmosis en membranas semipermeables fue realizado por Henri Dutrochet (1776-1847), considerado como uno de los grandes fisiólogos del siglo XIX, quien explicó:

“el fenómeno de la ósmosis cuando observó que la difusión del solvente a través de una membrana semipermeable ocurría siempre de la solución de menor concentración de un soluto, que no puede pasar, hacia la solución de mayor concentración; además, el solvente que fluye es capaz de desarrollar una presión sobre la membrana” (Guyton y Hall, 2011. p.213) a la que denominó presión osmótica. Entendida como aquella presión necesaria para detener el flujo de agua a través de la membrana semipermeable.

Colocar células en medios hipotónicos e hipertónicos y disparar fenómenos de separación de estructuras limitantes (membranas de vacuolas, membranas celulares y paredes celulares) fueron escenarios experimentales que permitieron, a partir de las observaciones, tensionar y ajustar hipótesis que anticipaban la presencia de una delgada membrana, invisible, pero funcionalmente activa, Baker (1952) (como se citó en Lozano 2017) sostiene que sería con el afianzamiento de las hipótesis fisiológicas (suposiciones hechas a partir de los datos que sirve de los datos obtenidos sobre el estudio del conjunto de propiedades y funciones de las células, los órganos y tejidos del cuerpo de los seres para iniciar una investigación o una argumentación) y los trabajos experimentales sobre ósmosis y plasmólisis de células vegetales y animales que el modelo de célula se ajustaría, identificando un límite que no fuera la pared celular, y que no surgiera por solidificación del protoplasto (es una célula de planta, bacteria u hongo que ha perdido total o parcialmente su pared celular) sino por poseer una naturaleza química diferente y con funciones específicas para hacer selectiva la entrada y salida de sustancias de la célula.

Overton, en 1895 (como se citó en Lozano 2017), sistematizó estos trabajos, tanto en células vegetales como animales. Básicamente generó experiencias osmóticas con células vegetales que permitían inferir que las modificaciones en el volumen del citoplasma estaban controladas por una membrana y no por la pared celular y propuso su modelo de célula vegetal el cual ya incluía una membrana como estructura diferenciada química y funcionalmente de la pared celular.

Al comprender la estructura de las células, la formación y función de las membranas es mucho más fácil entender el proceso de ósmosis y el transporte de agua a través de las membranas biológicas, la cual ocurre preferentemente a través de las proteínas transmembranas como las acuaporinas, las cuales suelen facilitar la ósmosis formando canales que admiten específicamente el agua, realizan este transporte por los canales o por los poros, permitiendo el pasaje de importantes volúmenes de agua, este fenómeno sucede en las células de las raíces de las plantas y en los riñones de los animales. Por ejemplo, en las plantas; consideremos en las raíces y el tronco de plantas como una membrana semipermeable de sus células que deja pasar el agua como solvente, con una determinada concentración de alimentos, en este caso, mayoritariamente sales.

El agua de riego en la tierra, por un lado, y la savia de la parte aérea de la planta por otro se comportarán como dos soluciones separadas por una membrana, por lo que el fenómeno de osmosis también influirá en la manera en que la planta absorbe el alimento, pasando de un medio de mayor a uno de menor concentración, de manera libre y sin gasto de energía. Siendo así, el flujo de agua a través de una capa de células es una característica de muchos sistemas biológicos.

Por su parte en los seres humanos, existe un movimiento de agua desde la sangre, a través de las células epiteliales que tapizan el estómago, hasta la luz de este (Darnell et al., 1986, p.85). Por ejemplo, si una persona bebe agua de mar, salada, al llegar al estómago el fenómeno de la

ósmosis hará que el agua de las células del estómago salga hacia el agua de mar. Las células del estómago se resecan y mueren y con ellas la persona. Por eso no se puede vivir bebiendo agua de mar. En este y en otros sistemas similares, el movimiento del agua en una dirección determinada depende de la actividad metabólica. (Darnell et al., 1986). Otra situación, es cuando comemos mucha sal y entra en las arterias, el agua del exterior de las mismas entrará en ellas aumentando la presión, no olvidemos, que las venas y las arterias son semipermeables.

En algunos seres humanos, se reflejan cambios en la estructura de la membrana que afectan el equilibrio hídrico y el flujo de iones (Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+), y, por consiguiente, todo proceso intracelular. Deficiencias específicas o alteraciones de ciertos componentes de la membrana producen diferentes enfermedades, que se pueden reflejar por ejemplo en casos como deshidratación, retención de líquidos, hipertensión arterial, entre otros. Este tipo de enfermedades o situaciones se relacionan con la ósmosis por la importancia del volumen en la regulación de la presión arterial, en los estudios experimentales se ha demostrado que el aumento de la ingestión de sal eleva más la presión arterial que el aumento de la ingestión de agua, ya que el agua pura se excreta normalmente por los riñones casi con la misma velocidad con la que se ingiere, mientras que la sal no se excreta tan fácilmente. A medida que se acumula la sal el organismo aumenta indirectamente el volumen de líquido extracelular, por dos razones básicas:

- Cuando hay un exceso de sal en el líquido extracelular aumenta la osmolalidad del líquido, lo que, a su vez, estimula el centro de la sed en el cerebro, haciendo que esta persona beba cantidades extra de agua para normalizar la concentración extracelular de sal, aumentando el volumen de líquido extracelular.
- El aumento de la osmolalidad causado por el exceso de sal en el líquido extracelular también estimula el mecanismo secretor del eje hipotálamo-hipófisis

posterior para segregar cantidades mayores de hormona antidiurética provoca la reabsorción renal de cantidades mucho mayores de agua del líquido tubular renal, lo que disminuye el volumen excretado de orina, pero aumenta el volumen de líquido extracelular (Darnell et al., 1986).

Por lo anterior, es importante referenciar el agua como el componente más abundante en los líquidos corporales, su presencia en cantidades adecuadas es importante por dos razones puntuales: la primera para mantener el volumen total de los líquidos corporales, y en segundo lugar para mantener las concentraciones de los solutos de estos líquidos. En el agua están disueltas un gran número de sustancias y en general los distintos compartimientos tienen diferente composición. Algunas de estas sustancias están presentes en los compartimientos celulares y también en los compartimientos de estas y del agua de uno a otro compartimiento.

En un organismo la concentración del agua disminuye cuando aumenta la concentración de las sustancias disueltas, ya que aún volumen dado, las moléculas de agua son remplazadas por moléculas de soluto. Pero cuando se refiere a la concentración de una solución significa, por lo general, que el agua se mueve de una solución menos concentrada hacia una solución más concentrada que la concentración del soluto; sin embargo, las concentraciones se deben presentar en términos de osmolaridad, es decir, de la suma de las concentraciones (molares) de todos los solutos presentes, siendo considerado cada electrolito como una sustancia aparte (Winton, Bayliss, 1970, p 5), (ver anexo 1.19).

4.26 Unidades didácticas en la enseñanza de la ciencia escolar

El diseño de una Unidad Didáctica (UD) o también llamadas secuencias didácticas, ha centrado la atención de muchos teóricos, consideran de gran importancia la formación de los

docentes para desarrollar competencias en la construcción de este tipo de herramientas, la cuales apuntan a una mejor enseñanza de las ciencias. (Couso libro conocimiento p265).

La UD, surge como un método estratégico fundamentado de la Didáctica de las Ciencias para mejorar la practica escolar desde las diferentes actividades del quehacer docente, partiendo de una adecuada planificación y sistematización de esas actividades. (Sanmartí & Jorba, 1996).

Según D. Couso (2013), para el diseño de una UD, es necesario tener en cuenta tres aspectos que guardan una relación entre sí, estos son: *qué, para qué y cómo enseñar y aprender*. Para responder a los interrogantes anteriores, es posible guiar el abordaje de los mismos a partir de los siguientes cuestionamientos:

- ¿Qué queremos que los estudiantes aprendan?
- ¿Para qué queremos que aprendan?
- ¿Qué se les hará pensar, comunicar, hacer o sentir para que lo aprendan?

Para los dos primeros interrogantes, es necesario hacer un análisis para dar respuesta al interrogante: ¿qué es necesario para el estudiante aprender? El contenido seleccionado a enseñar ha de servir para relacionar lo estudiando a un contexto que permita la actuación y el pensar de los estudiantes. Couso (2014), lo relaciona con definir el objetivo global, el cual está relacionado con las metas de aprendizaje. Luego para hablar del último interrogante es necesario realizar un trabajo realizado sobre actividades de enseñanza “actuacionales”, dichas actuaciones se deben enfatizar sobre un alto nivel cognitivo, que represente la toma de decisiones, el análisis crítico y la argumentación, entre otras, todas ellas muy bien contextualizadas, a partir de entornos científicos.

El propósito de la aplicación de UD se relaciona con la construcción de materiales que representen una clara ejemplificación de los aspectos teóricos que se presenten enseñar, desde

una visión epistemológica sobre la naturaleza del conocimiento, se exaltan actividades socioeducativas como la modelización, la experimentación, la resolución de problemas, la indagación, entre otras (Caamaño, 2013). De ahí, ha surgido el interés de varios investigadores en presentar propuestas que busquen una mejor integración de los elementos fundamentales de una secuencia didáctica: contexto, indagación y modelización (Caamaño, 2011). Visto de esta manera, al desarrollar una secuencia didáctica en contexto se estará potencializando una ACE.

En cuanto a la selección del concepto se recomienda que esté relacionado con un contexto y que favorezca la actuación en el mundo real. El concepto seleccionado para su enseñanza tendrá que ser clave para el desarrollo del pensamiento científico de los alumnos (Couso, 2013).

A partir de la experiencia recopilada por algunos autores, Caamaño hace algunas recomendaciones a saber: Proponer estructuras de secuencia muy generales, es decir, plantear unas actividades de inicio, otras intermedias y actividades finales de síntesis y recapitulación. Describir todos los criterios que debería cumplir una buena secuencia didáctica desde todos los puntos de vista, sin establecer un orden de prioridad. Proponer secuencias que se centraran fundamentalmente en un único objetivo e intentar añadir de forma subsidiaria otros aspectos.

Objetivos

5.1 Objetivo General

Caracterizar los modelos escolares de ósmosis contruidos por los estudiantes a partir de la implementación de una unidad didáctica diseñada para propiciar indagación y modelización.

5.2 Objetivos Específicos

- Establecer los aspectos de la indagación como actividad científica escolar necesarios para el diseño de las actividades de enseñanza.
- Elaborar una unidad didáctica basada en la indagación para la modelización del concepto de ósmosis ajustado para estudiantes de séptimo grado.
- Validar una propuesta de enseñanza innovadora desde la indagación y la modelización como auténticas actividades de la ciencia escolar.

Marco Metodológico

6.1 Enfoque de investigación

Investigar es sinónimo de analizar, averiguar o examinar. El concepto de investigación es aplicable a ámbitos distintos, especialmente en el científico. La actividad de investigar es una característica del comportamiento humano de la cual que todos los individuos hacen uso en algún momento de sus vidas con la intención de lograr nuevos conocimientos, solucionar conflictos o responder a cuestiones científicas. De esta manera, se puede decir que implica cumplir con procesos de observación, planteamientos o conjeturas, organización, selección, retroalimentación y fundamentación de la información. La investigación se vale de métodos e instrumentos que le permitan recolectar datos, profundizar, reafirmar la información obtenida, dándole validez a sus planteamientos.

Esta investigación se orienta bajo el enfoque cualitativo el cual, según Hernández, S. R., Baptista, L. P., & Fernández, C. C (2014), se concibe como un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo visible, lo transforman y lo convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos. Es naturalista porque estudia los fenómenos y a los seres vivos en sus contextos o ambientes naturales y en su cotidianidad; además es interpretativo pues intenta encontrar sentido a los fenómenos (Hernández et al, 2014). La selección de este tipo de enfoque es válida cuando el tema de estudio ha sido poco explorado como es el caso de esta investigación.

La investigación cualitativa se caracteriza por la exploración y descripción de sucesos, recoge datos no estandarizados y les da importancia a las experiencias de sus participantes. En este tipo de investigación resultan de interés las interacciones entre los individuos, grupos y

colectividades porque permiten desarrollar una teoría coherente que explique o sea soporte fundamentado de los hechos que se van presentando en las diferentes fases de la investigación.

La investigación cualitativa se enmarca en cuatro fases fundamentales como son la fase preparatoria, la cual incluye la reflexión, elección del tema y planificación de la investigación, referentes teóricos, método de investigación, técnicas e instrumentos, diseño de actividades, procedimientos de consentimiento y aprobación; la segunda fase corresponde al trabajo de campo o exploratoria, acceso al campo, intervención y ejecución de talleres, evidencias, producción de los alumnos, implementación de actividades, recolección de datos, proceso de acceso a la información relevante; por su parte, en la tercera fase, se realiza el análisis de resultados y verificación de conclusiones; por consiguiente, en la última fase o informativa, se elabora el informe de investigación, y se publican los resultados al resto de la comunidad (Martínez, 2009).

El propósito de orientar bajo el enfoque cualitativo la investigación sobre la indagación como actividad científica escolar para promover modelos de ósmosis en los estudiantes, tiene en cuenta el desarrollo de experiencias dirigidas, el carácter participante de todos los miembros de la investigación y el interés holístico de los investigadores de estudiar el contexto en su totalidad. Obedece a una lógica propia de la organización, funcionamiento y significación del ejercicio investigativo.

6.2 Diseño metodológico

El diseño metodológico utilizado es la investigación acción participativa, la cual debe conducir a generar cambios que se incorporan en el mismo proceso de investigación, es decir que se indaga al mismo tiempo que se interviene (Hernández et al, 2014).

La investigación-acción se encuentra ubicada en la metodología de investigación orientada a la práctica educativa. Desde esta perspectiva, la finalidad esencial de la investigación no es la acumulación de conocimientos sobre la enseñanza o la comprensión de la realidad educativa, sino aportar información que guíe la toma de decisiones y los procesos de cambio para la mejora de esta. Justamente, el objetivo prioritario de la investigación-acción consiste en mejorar la práctica en vez de generar conocimientos; así, la producción y utilización del conocimiento se subordina a este objetivo fundamental y está condicionado por él (Elliott, 2000).

De igual manera, la investigación-acción es considerada como una ciencia educativa crítica. Para la investigación-acción no existe la búsqueda de la verdad de los fenómenos, el conocimiento se construye por medio de la práctica y no está fuera de los propios actores (Eizagirre y Zabala, s. f., p. 1). Es en el modo en que se aproxima a la realidad para reflexionar sobre ella donde se hallan las condiciones para acceder a un nuevo conocimiento y para mejorar la práctica educativa. En la investigación-acción-práctica (IAP) el agente externo cumple una función de gestor del proceso de cambio, dinamiza el grupo en cada etapa del proceso sin aportar mayor información que la que genera el propio grupo de trabajo. Es un papel estrictamente metodológico.

La investigación-acción-práctica propicia la integración del conocimiento y la acción, toda vez que ella admite que los usuarios se involucren, conozcan, interpreten y transformen la realidad objeto del estudio, por medio de las acciones que ellos mismos proponen como alternativas de solución a las problemáticas identificadas por los propios actores sociales y cuyo interés principal es generar cambios y transformaciones definitivas y profundas. Por lo tanto, la transformación y emancipación constituyen los ejes direccionadores de esta opción metodológica (Colmenares, 2012).

En cada proyecto de IAP, según Eizaguirre y Zabala (s. f., p. 1), sus tres componentes se combinan en proporciones variables:

- a) La *investigación* consiste en un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que tiene por finalidad estudiar algún aspecto de la realidad con una expresa finalidad práctica.
- b) La *acción* no sólo es la finalidad última de la investigación, sino que ella misma representa una fuente de conocimiento, al tiempo que la propia realización del estudio es en sí una forma de intervención.
- c) La *participación* significa que en el proceso están involucrados no sólo los investigadores profesionales, sino la comunidad destinataria del proyecto, que no son considerados como simples objetos de investigación sino como sujetos activos que contribuyen a conocer y transformar su propia realidad.

A partir de Kemmis y MacTaggart (1992) la investigación-acción no sólo se constituye como ciencia práctica y moral, sino también como ciencia crítica. Para estos autores la investigación-acción es:

[..] una forma de indagación autorreflexiva realizado por quienes participan (profesorado, alumnado, o dirección, por ejemplo) en las situaciones sociales (incluyendo las educativas) para mejorar la racionalidad y la justicia de: a) sus propias prácticas sociales o educativas; b) su comprensión sobre las mismos; y c) las situaciones e instituciones en que estas prácticas se realizan (aulas o escuelas, por ejemplo (Kemmis y MacTaggart, 1992. p.12).

La investigación la IAP se convierte entonces en una valiosa herramienta para promover procesos sistemáticos de desarrollo adoptando la estrategia de “aprender haciendo”, porque posibilita a todos los actores de la investigación a participar e intervenir en las diferentes fases de la investigación. En este diseño de investigación la intervención práctica es fundamental, ya que involucra la indagación individual o en equipo, implementa un plan de acción para resolver el problema y generar el cambio, el liderazgo lo ejercen conjuntamente el investigador y los miembros de la comunidad de estudio (Hernández et al, 2014).

La presente investigación se desarrolló en una serie de fases, las cuales garantizaron que cada una de ellas diera apertura a la otra y permitiera ajustar, validar y corregir aspectos importantes para alcanzar los objetivos propuestos. De esta manera, la construcción de los modelos de ósmosis se alcanzó a partir de una intervención de aula que previamente necesitó de un ejercicio organizado de revisión de literatura, estado del arte, diseño, validación y aplicación de instrumentos, recolección de información para la realización del análisis y la elaboración de conclusiones. En la siguiente figura se muestra un esquema que lo representa las fases de desarrollo de la investigación.

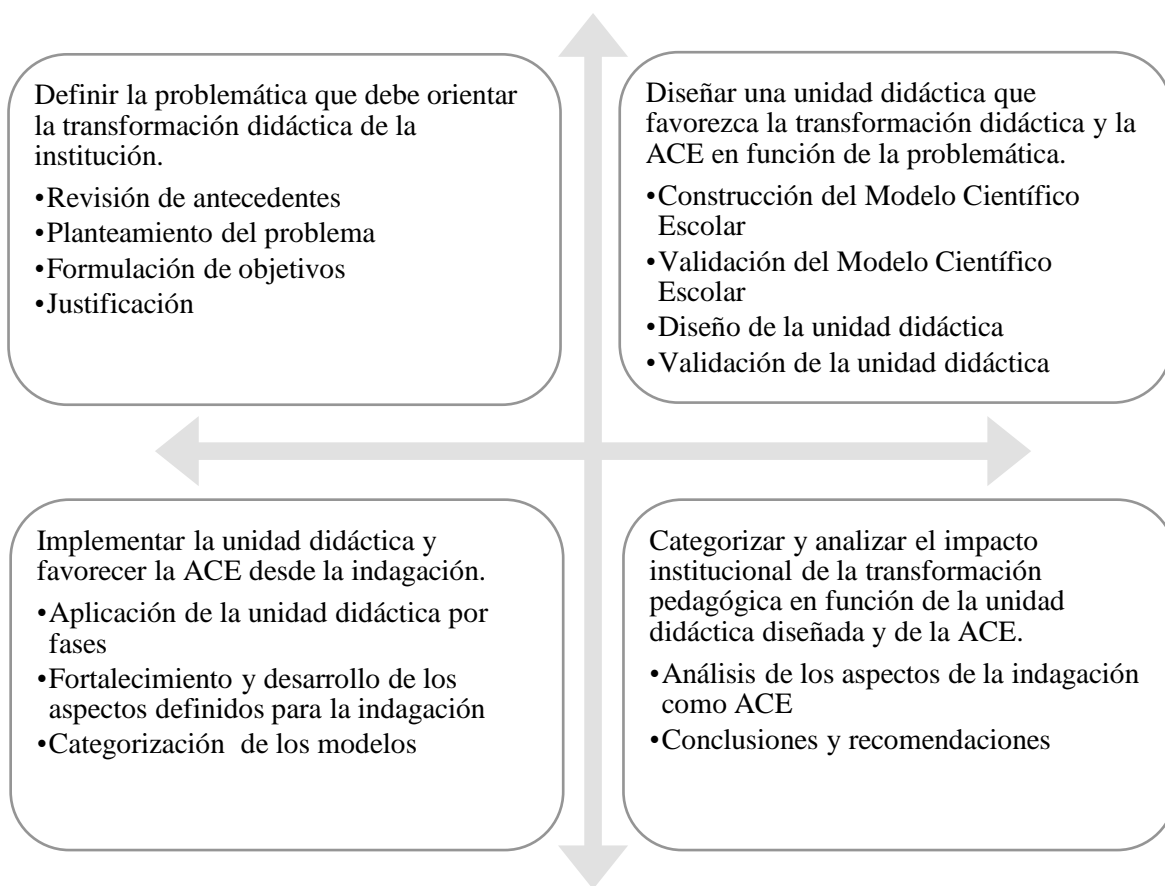


Figura 6-1 Fases de la investigación de acuerdo al enfoque IAP. Elaboración propia

En la fase inicial se llevó a cabo la selección del tema, para lo cual se determina la importancia de didáctica en las ciencias, específicamente lo establecido por Couso (2014) sobre la indagación como una auténtica actividad científica escolar, fortaleciendo este aspecto con la modelización del concepto de ósmosis. Lo anterior, ameritó la revisión de literatura, antecedentes y grandes aportes de muchos investigadores en este campo, permitiendo de esta manera el planteamiento del problema y la formulación de unos objetivos que guiarán y delimitarán la investigación.

En este mismo orden de ideas, se organiza la fundamentación teórica desde soportes epistemológicos, didácticos, científicos y metacientíficos que permitieron la construcción del

modelo científico y escolar del concepto de ósmosis, los cuales fueron validados por expertos nacionales e internacionales y se convirtieron en el derrotero para el diseño de la unidad didáctica. Para el diseño de este instrumento, se definieron los aspectos de la indagación que a la luz de un análisis teórico y de un consenso de los investigadores favorecen una auténtica actividad científica escolar y que en conjunto permitieran potenciar la modelización del concepto de ósmosis desde actividades bien pensadas. Luego, se diseñan las actividades que conforman cada fase de la unidad didáctica.

La unidad didáctica se diseñó haciendo un abordaje de aspectos macro y microscópicos desde situaciones y contextos problémicos de la cotidianidad, en el cual los estudiantes se involucraban como gestores y actores principales de las situaciones. Este instrumento se diseñó en tres fases, de las cuales se desprenden de cada una de ellas las actividades que promueven los diversos aspectos de la indagación, la experimentación y la elaboración de modelos icónicos, explicativos e icónico- explicativos parciales y modelos icónicos, explicativos e icónico- explicativos finales.

Luego de lograr el diseño de la unidad didáctica, ésta fue validada por expertos nacionales e internacionales y ajustada para su implementación.

Para la fase de acompañamiento reflexivo ante la aplicación de las propuestas diseñadas, el equipo investigador consideró que era importante la aplicación de actividades de andamiaje con el fin de familiarizar a los estudiantes con la dinámica de trabajo. Dichas actividades también fueron validadas.

En la investigación, se formularon tres fases, y cada una se plantearon aspectos y entidades para el análisis de los modelos. en la fase 1 se formularon dos aspectos de carácter microscópico que abarca el transporte de sustancias y la tonicidad celular en un medio hipertónico, del cual se

formularon ocho entidades. en la fase dos se enmarcaron dos puntos de estudio uno microscópico con dos aspectos, tonicidad celular en un medio hipotónico microscópico con seis entidades y en un medio hipotónico macroscópico con cinco entidades valoradas. de igual manera, en la fase 3 se establecieron cinco aspectos sobre composición, tonicidad celular, medio hipotónico y medio hipertónico y osmosis, agrupado en dieciocho entidades que se convierten en un aporte invaluable para la didáctica de las ciencias. Generando cambios en la enseñanza de las ciencias.

Para la categorización de los modelos expresados se partió de la identificación de los aspectos de Modelo Científico Escolar de Ósmosis, en cada uno se reconocieron las entidades o unidades operacionales (Gómez, 2013) que propician la construcción del modelo escolar. Por lo cual, las actividades diseñadas fueron altamente potentes porque permitieron la construcción de modelos escolares a partir de la indagación, donde fue posible no solo que los estudiantes aprendieran sobre el proceso de ósmosis, sino que además desarrollaran habilidades sobre cómo hacer ciencias en el aula, generando actuaciones en los mismos a nivel de ciencia escolar lo más auténtica posible como lo han expresados los especialistas en didáctica de las ciencias naturales, como (Couso (2014), desarrollando formas para pensar y actuar como científicos escolares. Los resultados de esta investigación concuerdan con lo propuesto por Gilbert (1998), en cuanto a que los modelos construidos por los estudiantes, pueden ser considerados modelos expresados porque hacen uso de un vocabulario específico para explicar, ejemplificar o dar a conocer representaciones del concepto de ósmosis.

Posteriormente, se aplicó la primera fase de la unidad didáctica (ver anexos) en la que se evidenció lo importante que resultaron las actividades para los estudiantes; se hizo uso de la experimentación, del trabajo individual y colectivo, la comunicación de las ideas, entre otros aspectos y cada estudiante construyó el modelo parcial 1 de carácter microscópico. Se continuó

con el desarrollo de la segunda fase y cada vez fue más evidente la motivación, participación y apropiación del tema por parte de los estudiantes, se generaron los modelos parciales 2 de carácter micro y macroscópico. Finalmente, se puso en marcha la tercera fase en la que se abordaron los aspectos macro y microscópicos, la gran mayoría de las entidades del modelo científico escolar y los aspectos de la indagación, con la que se obtuvo el modelo final escolar de ósmosis.

En este orden de ideas, se recolectaron los datos y se categorizaron los modelos teniendo en cuenta la naturaleza y el alcance de estos:

Tabla 6-1 Categorías de los modelos analizados.

Naturaleza	Alcance
Expresados explicativos	Bajo
Icónicos	Medio
Icónicos explicativos	Alto

Elaboración propia, realizada por los investigadores y soportada en el marco teórico.

Así mismo, se analizó en qué medida se alcanzó el cumplimiento de los aspectos de la indagación propuestos como una auténtica actividad científica escolar. De esta forma, se logró medir el cumplimiento de los objetivos propuestos al identificar lo innovadora que resultó la unidad didáctica de ósmosis diseñada para desarrollar la modelización y la indagación como una auténtica actividad científica escolar en los estudiantes de séptimo grado.

Los datos recolectados corresponden a las respuestas de los estudiantes frente a situaciones concretas programadas en una secuencia lógica de actividades, lo que permitió analizar su discurso y enfrentarlo a los criterios de análisis previamente definidos a la luz de los marcos teóricos estudiados identificando, de esta manera, las entidades que se cumplieron o

desarrollaron en los modelos contruidos por los estudiantes y los criterios de los aspectos de la indagación definidos intencionalmente.

De esta manera, la creación de las categorías de análisis fue muy útil, teniendo en cuenta que se generaron matrices de análisis como por ejemplo las entidades identificadas en los modelos, partiendo del modelo científico escolar construido por el grupo investigador, las categorías de análisis de los aspectos y sus descripciones en la indagación. Finalmente, todos estos análisis permitieron categorizar los modelos escolares de osmosis contruidos por los estudiantes, su discurso, las explicaciones de estos y los niveles alcanzados por estos.

6.3 Participantes

Los participantes de esta investigación corresponden a 23 estudiantes de séptimo grado “A” de grado séptimo de una institución privada calendario B de la ciudad de Barranquilla llamada Colegio Alemán – Deutsche Schule.

Los participarán fueron seleccionados de manera intencional, teniendo en cuenta la carga horaria y asignación académica de las investigadoras.

6.4 Caracterización de la Unidad didáctica

La unidad didáctica estructurada en el presente trabajo de investigación, se titula ***Modelizando el paso libre de agua en células animales y vegetales***, (ver anexo 1.20-1.22), la cual presenta como finalidad, que los estudiantes a través del desarrollo de los aspectos de la indagación generaran sus propios modelos de ósmosis y de esta manera apropiarse significativamente de este concepto. Esto se logra a partir de establecer y aplicar actividades que les permitan a los estudiantes actuar como científicos escolares en un contexto determinado, familiar para ellos, poniendo en práctica los aspectos de la indagación definidos anteriormente

(observar, predecir, plantear y poner a prueba las hipótesis, trabajar en equipo, y modelizar). Con esto, es posible construir modelos expresados por parte de los estudiantes, clasificados en icónicos, explicativos e icónicos-explicativos, estos a su vez se encuentran categorizados en niveles alto, medio o bajo según la cantidad de entidades incluidas en el modelo realizado por estudiante, teniendo en cuenta los aspectos alcanzado por el mismo del modelo científico escolar de ósmosis, abarcado en cada fase de la unidad didáctica (UD).

Para alcanzar tal propósito (ver anexo), la UD fue diseñada en 3 fases; la primera fase se titula *¿Por qué sudan la berenjena?* Constituida por 12 actividades de las cuales se analizaron 11 (1, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 5.1, 5.2, 6.1, 7, y 7.2) para los aspectos de la indagación y 5 actividades (2.2, 3.2, 5.1, 7.1 y 7.2) para los análisis de la modelización como actividad científica escolar, las cuales propiciaron en los estudiantes modelos *icónicos, explicativos e icónicos- explicativos*, para dos aspectos del MCE propuesto “transporte celular y tonicidad celular en un medio hipertónico.

La fase 2 titulada *¿Por qué se hinchon los frijoles al dejarlos en remojo?* está constituida por 14 actividades de las cuales se analizaron 11 (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 5.1, 5.2 y 6.2) para los aspectos de la indagación y 6 actividades (2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 y 5.2) para los análisis de la modelización, su aplicación permitió en los estudiantes la construcción de modelos expresados que incluían entidades correspondiente al aspecto de tonicidad celular en un medio hipotónico desde una óptica macroscópica y microscópica.

La fase 3 denominada *¿Cómo influye la ósmosis en nuestras funciones vitales a nivel celular?*, está compuesta por 8 actividades de las cuales fueron analizadas 7 actividades en cuanto a la indagación (2.1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1 y 6.1) y 6 actividades en cuanto a los modelos expresados por los estudiantes (3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 5.1 y 6.1). Estas actividades permitieron

promover en los estudiantes la generación de modelos icónicos, explicativos e icónico-explicativos abordando todos los aspectos del modelo científico escolar (MCE) de ósmosis propuesto y trabajados en las fases anteriores 1 y 2 de la UD.

Cada fase fue implementada en momentos diferentes y en aulas especializadas que cuentan con los recursos necesarios para la ejecución de las actividades propuestas, como son: ventilación, sillas unipersonales, mesas para el trabajo en equipo, lupa, recipientes de vidrio, fuente de agua y sistema de audio y video. Dichos recursos propiciaron un ambiente de trabajo adecuado para la implementación de las actividades estructuradas en la UD.

Tabla 6-2 Caracterización de la UD aplicada.

Fase	Actividades que propician la Actividad Científica Escolar	Finalidad
1. ¿Por qué sudan las berenjenas?	Indagación: Act: 1, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4, 5.1, 5.2, 6.1, 7, y 7.2	Promover aspectos de la indagación: observar, predecir, plantear hipótesis, trabajo en equipo, comunicación, modelizar y poner a prueba la hipótesis, propiciando en los estudiantes actuaciones similares a los de un científico.
	Modelización: Act: 2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 y 5.2	Promover la construcción de modelos que incluyen entidades para dos aspectos: transporte de sustancias y la estructura que permite ese movimiento a partir de una situación problema.
2. ¿Por qué se hinchan los frijoles al dejarlos en remojo?	Indagación: Act: 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 4.1, 5.1, 5.2 y 6.2	Promover la indagación a partir de los aspectos: predecir, trabajo en equipo, modelizar y poner a prueba la hipótesis.
	Modelización: Act: 2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 y 5.2	Promover la creación de modelos que permiten la comprensión del proceso de ósmosis en un medio hipotónico desde una óptica macroscópica y microscópica a partir de la experimentación y situaciones hipotéticas.
3. ¿Cómo influye la ósmosis en nuestras funciones vitales a nivel celular?	Indagación: Act: 2.1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1 y 6.1	Promover la indagación a partir de la ejecución de aspectos como: predecir, trabajo en equipo, comunicar y modelizar.

Modelización:
Act: 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 5.1 y 6.1

Promover la construcción de modelos expresados que incluyen todas las entidades de los aspectos del MCE de ósmosis propuesto: composición de la membrana celular y proceso de ósmosis en un medio hipotónico e hipertónico a partir de una situación problema.

Elaboración propia

Análisis de resultados

7.1 Aspectos de la indagación

La presente investigación se implementó con el apoyo de 23 estudiantes (niños y niñas), cuyas edades oscilan entre los 11 y 12 años, que hacen parte de un colegio privado de la ciudad de Barranquilla. La escogencia de este grupo obedece a que el modelo de ósmosis estudiado corresponde al nivel de escolaridad según lo plantea el currículo de la Institución Educativa.

El diseño de la UD se fundamenta en el desarrollo de seis habilidades propias de la indagación, descritas en la fundamentación teórica de la investigación según diversos autores; las cuales constituyen aspectos importantes para lograr una gran motivación en los estudiantes, que como se ha mencionado anteriormente, es un factor fundamental el desarrollo de cualquier actividad escolar. Por otro lado, se ha escogido como temática el estudio del modelo de ósmosis por ser un modelo fundamental para los estudios de ciencias básicas, ofreciendo contextos de gran impacto e importancia en la vida cotidiana de los estudiantes, lo anterior permite involucrar a este último en el proceso de su propio aprendizaje.

En este orden de ideas, la primera fase de la UD plantea una serie de actividades que, a través de la de la indagación, buscan desarrollar en el estudiante algunas actuaciones que asemejen el comportamiento de un científico, no solo con la intención de aprender sobre el modelo de ósmosis, sino para aprender también cómo hacer ciencias. En otras palabras, las diferentes actividades plantean el desarrollo de ciertas habilidades básicas o como se han denominado en la presente investigación: “aspectos de la indagación”.

Según Izquierdo (2014), se hace necesario formular criterios potentes para lograr en las clases de ciencias “una imagen de ciencia como actividad profundamente humana”. Por lo tanto, desde las ACE aplicadas se busca contribuir a que los estudiantes logren desarrollar

explicaciones de los hechos del mundo con un soporte teórico, actuando responsablemente con criterios científicos. Desde la didáctica de las ciencias las actividades a desarrollar han de estar enfocadas en: i) plantear problemas genuinos o auténticos, ii) fomentar procesos lingüísticos o comunicativos (explicar, justificar y argumentar), iii) propiciar el trabajo colaborativo, el uso de modelos escolares y por ende la modelización.

La modelización cobra importancia a partir de las nuevas visiones de la naturaleza de las ciencias y es aún más relevante en la ciencia escolar, la cual busca en el estudiante “el desarrollo de explicaciones basadas en pruebas sobre cómo funciona el mundo” (Gieryn, 1991).

En el diseño de las UD se ponderó especial atención en plantear las actividades de cada fase propuesta de tal manera que se propiciara el desarrollo de los aspectos de la indagación definidos para efectos de la presente investigación. Sin embargo, es posible identificar uno o dos aspectos que se desarrollan con mayor fuerza en cada una de las actividades. Todo lo anterior se realizó teniendo presente que la finalidad de estas es aprender ciencias y que la secuencia didáctica permita al estudiante avanzar racional y conscientemente hacia esta meta (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999b).

A continuación, en la tabla 7-1, se presenta la clasificación de las diferentes actividades planteadas en cada fase de la UD, a partir del aspecto de la indagación que se propician con mayor potencia. Cabe resaltar que cada actividad o conjunto de ellas fue diseñada con el fin de promover uno o varios de los aspectos definidos para la indagación, en algunos casos, aunque es posible que se desarrollen más aspectos de la indagación, solo se mencionan el o los aspectos que se desarrollen con mayor fuerza. Cabe resaltar que la UD en su totalidad fue pensada para desarrollar todos los aspectos definidos anteriormente o al menos la mayoría de ellos (ver anexo).

De igual manera, se desglosan los criterios construidos por el grupo de investigación y los argumentos que dan razones por las cuales dichas actividades desarrollan el correspondiente aspecto de la indagación, estos criterios a su vez, serán los orientadores en la fase de análisis de la presente investigación, con el fin de identificar aspectos de la indagación como una ACE en los estudiantes a partir de sus propias acciones y respuestas (datos). En dicha clasificación es posible abordar preguntas individuales o en grupo.

Tabla 7-1 Criterios y razones definidos para cada aspecto de la indagación

Actividades		Criterios por aspecto
FASE 1	2.2	<p>Observar: Las preguntas fueron diseñadas para desarrollar en los estudiantes la observación científica, promueven la observación más allá del simple registro de datos para darle una carga teórica a los mismos. En este aspecto, podrán relacionar lo observado con sus propios modelos o experiencias vividas, por tanto, para afirmar que se logró desarrollar este aspecto de la indagación científica escolar, es necesario que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establece relación con un conocimiento previo o con sus propios modelos. - Trata de comprender lo observado en la experimentación apoyándose en una carga teórica. - Es más que una descripción emocional o sensorial.
	5.1	
	5.2	
	6.1	
FASE 1	1	<p>Predecir: Se entiende como parte fundamental en la investigación científica y por ende se considera como un motor importante en la actividad científica escolar. Las actividades que se referencian en este punto se fundamentan en que los estudiantes tengan como punto de partida algunas ideas resultado de anticipar un suceso o una situación antes de que ocurra o que se conozca, con la intención de que cobren validez a medida que se desarrolle la actividad científica en el aula de clases. Así como sucede en la ciencia, con este grupo de actividades el estudiante podrá plantear posibles situaciones que luego podrán corroborar en la práctica. En resumen, el estudiante logra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hacer afirmaciones en conexión con lo observado. - Analizar los datos del contexto para explicar un fenómeno. - Anunciar con anticipación la ocurrencia del fenómeno
	1.1	
	1.2	
	1.3	
FASE 2	4.1	<p>Plantear hipótesis: Estas actividades buscan en el estudiante lograr un cuestionamiento interior sobre un suceso desde una óptica científica, de esta manera se consigue inquietar al mismo, no solo para motivar su propio accionar científico, sino para fomentar el desarrollo de la escritura científica escolar. En este orden de ideas, el estudiante deberá hacer un planteamiento que luego será contrastable empíricamente, confirmando o no sus ideas</p>
	4.2	
FASE 1	3.1	
	3.2	
	6.1	
	6.2	

		<p>iniciales, orientando su indagación sobre algunos datos que más adelante tendrán un mayor significado en su aprendizaje. Es así como, en el estudiante se podrá evidenciar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analiza los datos en relación con los interrogantes planteados - Genera enunciados provisionales para poner a prueba. - Es preciso en su planteamiento y no contradice una teoría ya existente.
FASE 1	4 5.2	<p>Trabajo en equipo:</p> <p>El hombre es un ser social por naturaleza, por tanto la interacción social, el intercambio de ideas, el desarrollo actividades grupales como la experimentación, la comunicación de ideas y sentimientos de manera oral o escrita son acciones innegables en el actuar científico en un nivel escolar, dado que durante el desarrollo de esta actividades los estudiantes tuvieron la oportunidad promover habilidades comunicativas, tanto con el profesor, como con los compañeros de clases (entre pares y en plenaria). Durante estas actividades la comunicación cobra gran protagonismo, dada la importancia existente en la ciencia de divulgar los avances, y en la ciencia escolar de ir construyendo significados, Esta integración no se produce de manera natural y automática, sino que debe ser enseñada y aprendida (Lemke y García, 1997). Por lo anterior, se puede decir que las actividades propuestas potencializan este aspecto de la indagación. De esta manera, los estudiantes podrán:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intercambiar juicios o ideas, que son resultados de las observaciones.
FASE 2	2.2 6.3	<ul style="list-style-type: none"> - Generar consenso y expresarlos de forma escrita, icónica o verbal, los cuales fueron resultado del análisis de información, experimentación y observaciones.
FASE 3	2.1 3.4	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizan un lenguaje específico y propio de la ciencia escolar para expresar y comunicar sus ideas.
		<p>Poner a prueba las hipótesis:</p> <p>En las nuevas tendencias de la Didáctica de las ciencias, se ha ido avanzando en el camino de establecer semejanzas, relaciones, similitudes y diferencias entre la ciencia “de los científicos” y la ciencia escolar (Izquierdo et al., 1999a), sin embargo, en ambos escenarios se comparte una misma meta, entender y representar el mundo con teorías, de esta idea yace la importancia de la experimentación en el aprendizaje de las ciencias. Al poner a prueba las hipótesis, los estudiantes tendrán la oportunidad de plantear sus propios caminos de experimentación, lo cual permite involucrar aún más al estudiante, cobrando un especial valor en su proceso de aprendizaje desde el accionar de la ciencia escolar. Por otro lado, al desarrollar este aspecto de la indagación los conceptos estudiantes podrán deducir conclusiones de los resultados obtenidos durante las experiencias de laboratorio, haciendo evidente el progreso de los modelos iniciales de los estudiantes. Durante el desarrollo de estas actividades en los estudiantes se podrá evidenciar:</p>
FASE 1	2.1 2.2	<ul style="list-style-type: none"> - La predicción realizada es verificable a favor o en contra de la hipótesis.
FASE 2	5.1 5.2	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer un proceso que permita intervenir los fenómenos . - Intervenir el fenómeno de manera controlada. - Producir datos nuevos que surgen de la intervención del fenómeno.

Actividades		Criterios por aspecto
FASE 1	3.1	Construir modelos:
	3.2	En el marco de la didáctica de las ciencias escolar, la construcción de
	5.1	modelos cobra protagonismo cuando se hace referencia a la meta que
	7.1	comparten los científicos desde su actuar y la ciencia escolar. Varios
	7.2	autores coinciden en que la mejor forma de enseñar ciencias es a través de
FASE 2	2.1	la modelización, dado que de esta manera los estudiantes como un
	3.1	científico escolar el estudiante podrá construir, analizar, revisar y evaluar
	3.2	sus propios modelos y además comunicarlo utilizando el lenguaje y
	5.2	simbología apropiado. Por tanto la modelización a través de la indagación
	6.2	creativa, posibilita “el desarrollo de explicaciones basadas en pruebas
FASE 3		sobre cómo funciona el mundo” (Giere, 1991), de ahí la importancia de la
	3.1	modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, ya que estos
	3.2	modelos escolares varían sustancialmente en la naturaleza de las
	3.3	representaciones de hechos científicos, los cuales son propiciados en
	4.1	ambientes experimentales apropiados para lograr que modelos iniciales de
	5.1	los estudiantes evoluciones que permitan un acercamiento a los modelos
	6.1	científicos escolares ya establecidos en el currículo. Los estudiantes al
		modelizar podrán:
		- Representar fenómenos científicos escolares
		- Predecir fenómenos científicos escolares
		- Explicar fenómenos científicos escolares
Elaboración propia		

A cada fase le corresponde el grupo de actividades que se relacionan con los criterios del aspecto de la indagación que se desarrolla con mayor énfasis (ver anexo 1.23).

7.2 Análisis de los aspectos de la indagación

A lo largo del desarrollo de las diferentes fases, los estudiantes se valieron de sus experiencias y conocimientos como punto de partida para analizar situaciones contextualizadas en un entorno cercano para ellos. Se inicia el análisis de los aspectos con la predicción abordado en la Fase 1 titulada “Camilo al preparar la lasagna de berenjenas”. Al plantear situaciones con intencionalidades claras y específicas, los estudiantes realizaron en un 48% afirmaciones que les

permitieron anticipar la deshidratación de la berenjena propio del proceso de ósmosis. En la siguiente tabla se pueden detallar algunas respuestas dadas por los estudiantes (E):

Tabla 7-2 Respuestas (datos) de los estudiantes relacionadas con la predicción.

	Predice a nivel de CE	No predice a nivel de CE
Fase 1 Act. 1	<i>E18: Yo pienso que la membrana de las berenjenas va a expulsar el agua y dejarán entrar sal y aire, lo cual hará que se sequen y sudaron.</i>	<i>E2: Creo que las berenjenas estaban amargas porque no le echo suficiente sal.</i>
Fase 2 Act.1.1-1.2-1.3	<p><i>E10: Yo le diría que lo que sucedió fue que los frijoles absorbieron el agua, ya que necesitan nivelar su gradiente de concentración. En otras palabras, necesitaban nivelar el agua que había en el interior y su exterior.</i></p> <p><i>El observó que el agua había desaparecido ya que los frijoles lo habían absorbido.</i></p> <p><i>Porque los frijoles buscaban un gradiente de concentración y expulsaron carbohidratos y expulsaron agua</i></p>	<p><i>E17: Yo le explicaría que los frijoles absorben en bastante cantidad y al dejarlo un día para otro con agua, los frijoles absorbieron una parte de esa agua.</i></p> <p><i>El cambio que observó en los frijoles fue que estos absorbieron el agua y lo que quedó del agua tuvo una coloración marrón.</i></p> <p><i>El agua quedó con una coloración marrón porque la capa se disolvió, pero antes de pasar el tiempo se ablandaba</i></p>

Las afirmaciones de los estudiantes E10 y E18 se encuentran relacionadas con un contexto al mencionar características del medio, dando explicación a un fenómeno que aún no ha sido constatado por ellos, basados en sus conocimientos. Por otro lado, al relacionar la membrana celular, el gradiente de conservación y carbohidratos, en los diferentes casos, permite evidenciar que los estudiantes tienen la habilidad de predecir comportamientos asociados a temáticas científicas mucho más complejas. En las respuestas de los estudiantes E2 y E17 no se logran correlacionar con los criterios propuestos. Por ejemplo, el E17 contextualiza lo observado, pero su respuesta está un poco alejada de dar una explicación al fenómeno. Adicionalmente, en ambos casos, aunque existe una conexión con lo observado, no anticipan la ocurrencia del

fenómeno, evidenciando un bajo nivel de análisis, centrando sus afirmaciones en lo que sucede (en la acción), como ponerse amargas y absorber agua.

Con el desarrollo de las fases siguientes, los estudiantes alcanzaron a acercarse más a los criterios propuestos para la predicción, de tal forma que en la última actividad el 100% de los estudiantes lograron plantear una predicción, no solo identificando datos importantes de la observación, sino anticipando la ocurrencia proceso ósmosis en diferentes contextos.

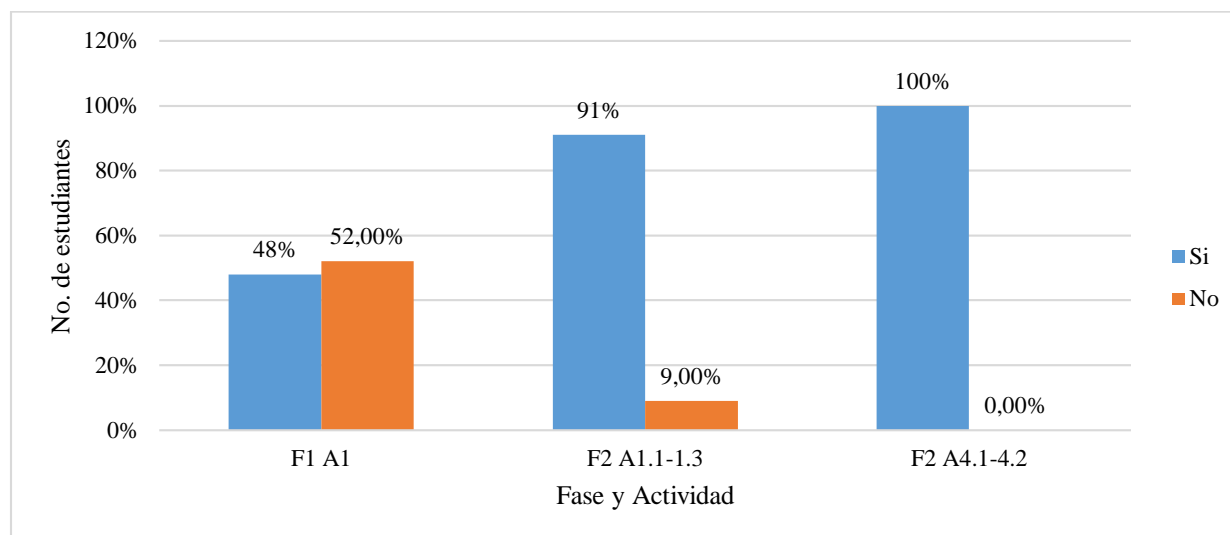


Figura 7-1 Estudiantes que desarrollaron predicciones como ACE a lo largo de las fases aplicadas

Por otro lado, la observación es una habilidad que se desarrolla a lo largo de las UD. Sin embargo, para el propósito de la presente investigación, la observación vista desde la ciencia escolar va más allá de poner todos los sentidos al servicio del registro de datos. Es por lo que el planteamiento de las actividades orientó al estudiante a generar observaciones “cargadas de teoría”, potencializando su comportamiento como un científico escolar. En la siguiente tabla se pueden ver algunos ejemplos:

Tabla 7-3 Respuestas (datos) de los estudiantes relacionadas con la observación.

	Observa a nivel de CE	No Observa a nivel de CE
Fase 1	<p><i>E15: Pude observar que cuando corté la berenjena se puso negra. Empecé poniendo la berenjena en la caja de Petri, vertí un poco de sal y la berenjena empezó a sudar y a absorber la sal, expulsaba líquidos y la sal deshidrata a la berenjena. La berenjena está expulsando mucho líquido. Dibujo: A1P2.2D8E15</i></p>	<p><i>E11: Primero vi cómo la berenjena comenzó a succionar la sal y luego comenzó a desechar agua o un líquido transparente, también cogió un olor como a tierra. Luego observé como el líquido se apoderaba de la berenjena, pero la berenjena no ha absorbido toda la sal, aún quedan fragmentos de sal.</i></p>

El estudiante E15 en su respuesta soporta su observación desde la fundamentación teórica que ha recopilado a través de aprendizajes previos o experiencias relacionadas, mencionando un proceso de deshidratación causada por la sal que se encontraba sobre la berenjena. El estudiante E11 enfoca su observación en lo que logra percibir a través de sus sentidos, tales como el aroma de la berenjena y características físicas observables a simple vista, olvidando relacionar toda esta información con sus propios modelos y con sus conceptos previos, alejándose un poco de la observación propia de un científico escolar, la cual pretende además de lo anterior desarrollar en el estudiante el uso de un lenguaje más específico que transmita al lector con cierta precisión detalles de esos modelos iniciales.

A partir del análisis del discurso de lo expresado por los estudiantes a través de cada una de las fases implementadas, se estableció que al finalizar el 96% de los estudiantes lograron generar procesos de observación mucho más completos y cercanos a la teoría, relacionando los datos con sus presaberes, apoyándose en procesos prácticos.

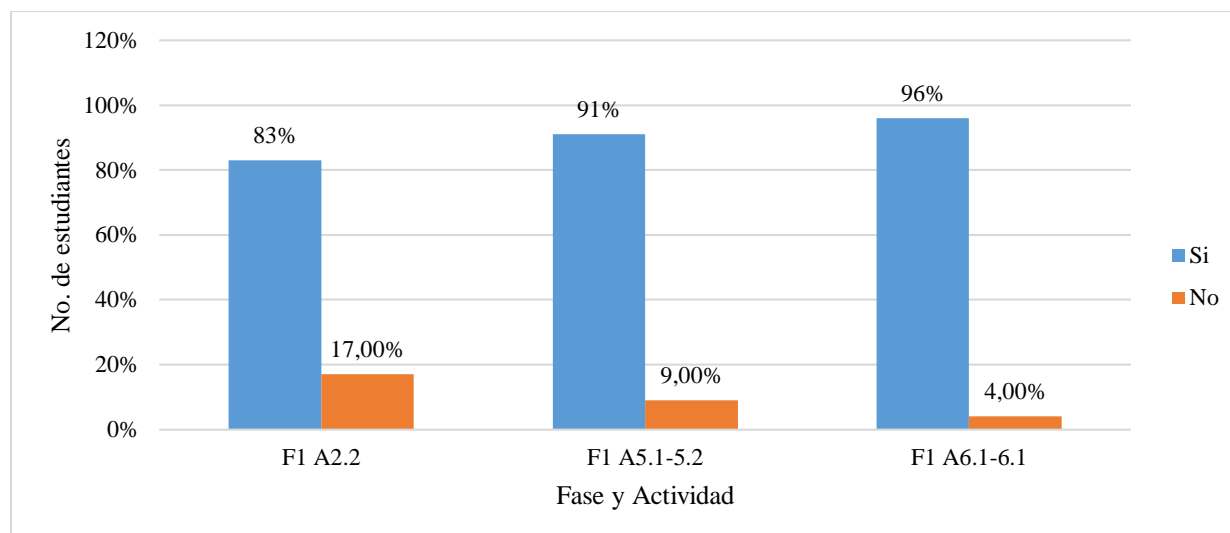


Figura 7-2 Estudiantes que lograron realizar observaciones como ACE a lo largo de las fases aplicadas

Como un punto de partida que orienta la experimentación dentro de la indagación, se encuentra la acción de formular hipótesis por parte de los estudiantes. Ésta se constituye en parte fundamental del proceso de desarrollo de modelos cercanos a los modelos científicos escolares estudiados en ciencias. En la presente UD, se le propone al estudiante un grupo de actividades que guían la generación de planteamientos, los cuales, a través de la información obtenida en diferentes actividades y por la curiosidad generada, son puestos a consideración experimental para establecer un primer modelo.

Tabla 7-4 Respuestas (datos) de los estudiantes relacionadas con plantear hipótesis

	Formula hipótesis a nivel de CE	No formula hipótesis a nivel de CE
Fase 1	<i>E9: El agua fluye de las células de la berenjena, ya que, al entrar en contacto con la sal, se deshidrata y pierde mucha agua, que es la que observamos en el plato.</i>	<i>E6: Se deshidrata y se arruga ya que excreta agua para disolver la sal.</i>
Act. 3.1	<i>A1P3.2E9 Para fluir hacia el plato, el agua debe atravesar la membrana celular de las células de la berenjena (y la pared celular)</i>	<i>A1P6.2E6 Porque la célula tiene la necesidad de absorber la sal que es beneficiosa para su organismo.</i>
3.2		
6.1		
6.2		

E15: Al entrar en contacto con la sal la disuelve y expulsa el agua hacia el exterior, haciendo que la célula se deshidrate.

AIP6.2E15 El agua es almacenada por la vacuola central, ya que el agua se concentra más en el interior que en el exterior; el agua es expulsada hacia los poros para mantener un equilibrio.

E22: El agua que contiene el plato es de la berenjena por la membrana celular que expulsa hacia fuera por la sal.

Teniendo en cuenta lo anterior, se detalla que el estudiante E9 además de analizar los datos, genera un enunciado que debe corroborar con el desarrollo de la UD; es preciso y además no contradice un referente teórico. Mientras que en el caso de los estudiantes 6 y 22, a pesar de plantear una afirmación, se observa la falta análisis con respecto a lo que se pregunta para tener mayor precisión en su planteamiento.

En este caso es posible constatar que, a partir de la reflexión del discurso de los estudiantes a lo largo de la aplicación de las actividades, el 87% de los estudiantes logró plantear hipótesis en el marco de una ACE.

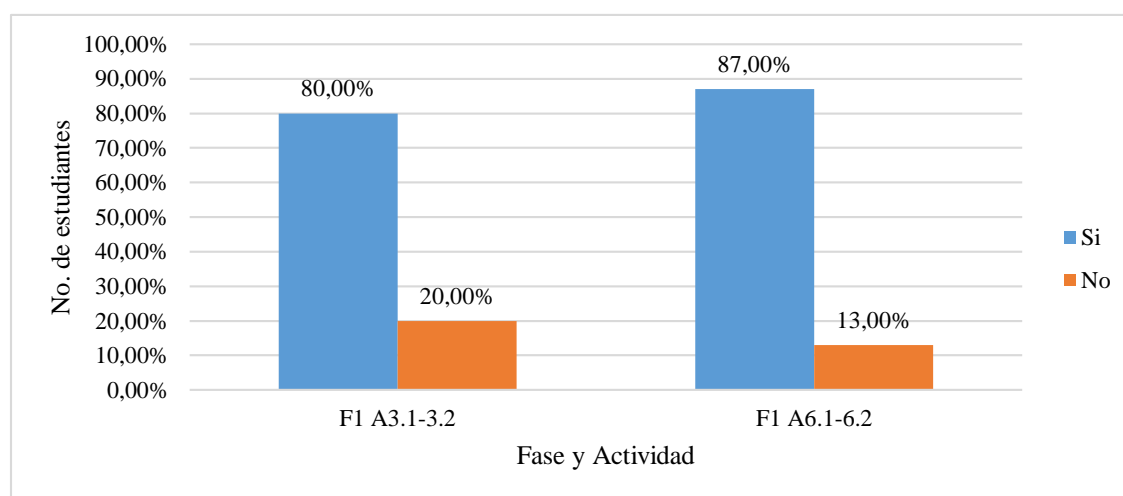


Figura 7-3 Estudiantes que desarrollaron hipótesis como ACE a lo largo de las fases aplicadas

A través de la experimentación es posible poner a prueba las hipótesis planteadas como una forma de recibir una retroalimentación generada por los datos obtenidos y la representación de los mismos, lo anterior aumenta potencialmente la posibilidad de que el estudiante logre relacionar la acción con sus resultados corroborando la veracidad de la hipótesis (Merino et al, 2008).

Durante el desarrollo de las actividades, los estudiantes tuvieron la oportunidad de tener cierta libertad en el planteamiento de la experimentación, mejorando su participación como un científico escolar, tal como lo reflejan los caminos propuestos por los estudiantes para corroborar sus planteamientos o hipótesis iniciales. Es claro que este proceso es basado en la motivación generada por el hacer y el saber del fenómeno estudiado.

Tabla 7-5 Respuesta (datos) de los estudiantes relacionadas con poner a prueba las hipótesis

Pone a prueba las hipótesis a nivel de CE	
Fase 1	<i>E17: Primero: tomaría las berenjenas, las observaría con una lupa antes del experimento. Segundo: en el recipiente juntaría la berenjena y sal, luego la observaría y tomaría observaciones. Tercero: y por último haría una comparación del antes y después.</i>
Act.	
2.1	
2.2	
Fase 2	<i>E15: Porque las lechugas no tenían suficiente agua y necesita absorberla.</i>
Act.	<i>F2A5.2E15 La lechuga está marchita y por eso la metemos en un recipiente con agua, la lechuga absorbe el agua para hidratarse y al cabo de unos días, está limpia ya que las células vegetales absorbieron el agua, se hidrataron y la lechuga ya no estaba marchita.</i>
5.1	
5.2	

Al realizar un análisis de las respuestas de los estudiantes, en este caso se muestra que los estudiantes E17 y E15 no solo proponen un proceso que a través de la manipulación de algunos instrumentos e insumos es posible intervenir en el fenómeno de ósmosis, sino que se hace posible la verificación de los planteamientos dados en actividades anteriores. De esta manera se permite la obtención de información nueva, ampliando los conceptos previos de los estudiantes y favoreciendo el desarrollo del conocimiento.

En el desarrollo de este aspecto de indagación y a través del análisis discursivo de los estudiantes frente a estas actividades, el 100% de la muestra logró poner a prueba sus hipótesis.

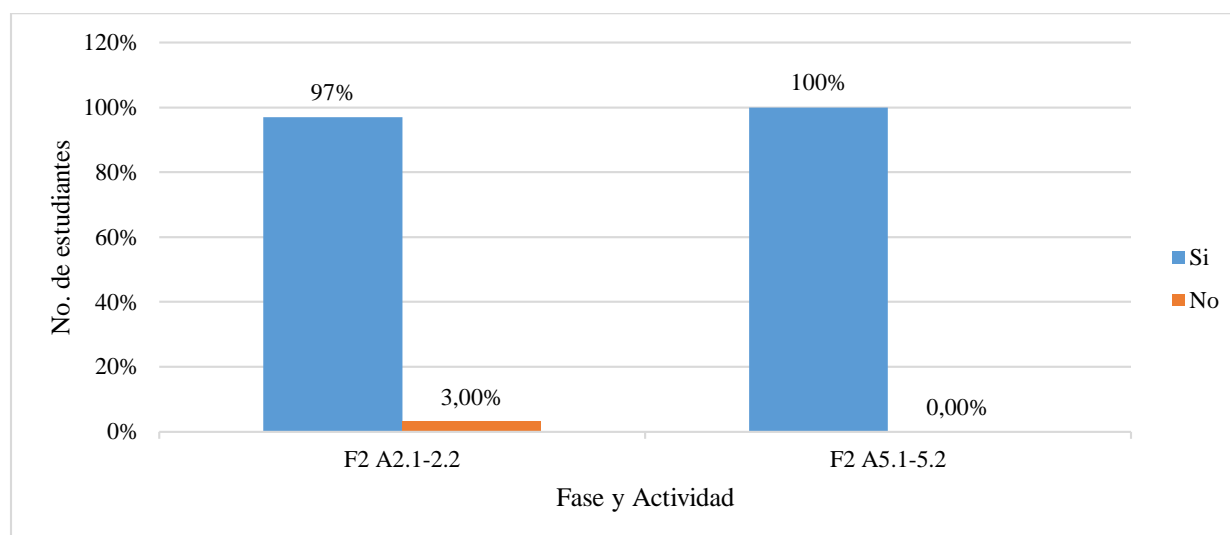


Figura 7-4 Estudiantes que lograron poner a prueba sus hipótesis como ACE a lo largo de las fases aplicadas

Por otro lado, al analizar el trabajo en equipo realizado por los estudiantes, se detalla que el estudiante fue capaz de desarrollar habilidades comunicativas importantes dentro de un grupo de trabajo, ya que asumió roles para al final llegar a consensos. Como se muestra en la actividad número 4 de la fase 1 (F1A4), se solicita a los estudiantes que discutan las ideas de los interrogantes anteriores, para luego organizarlas y de esta manera llegar a acuerdos, para lo que el E11 afirmó: *“Al acuerdo que llegamos fue que el agua fluye del interior de las células de la berenjena por medio de los poros. La estructura que tiene que atravesar es la membrana celular compuesta por fosfolípidos y proteínas”*. Se denota que se logró llegar a conclusiones que permiten afinar el modelo inicial planteado sobre el fenómeno estudiado.

Tabla 7-6 Respuesta (datos) de los estudiantes relacionados con el trabajo en equipo.

	Realiza trabajo en equipo a nivel de CE	No Realiza trabajo en equipo a nivel de CE
Fase 1		
Act	<u>A1P5.2</u>	<i>E23; Semejanzas: en los dos</i>
4	<u>E10</u> : Semejanzas: la célula se arruga a medida que esta se deshidrata. En ambos dibujos el agua se	<i>hablamos sobre la deshidratación.</i>
5.2		

	<i>puede observar aumentando en el exterior y disminuyendo en el interior de la célula.</i>	<i>Diferencias: el de Diego es la célula como tal y el mío sobre la berenjena</i>
	<i>Diferencias: en el dibujo de Laura la célula no se encogió, solo se arrugó. En mi dibujo la sal sí está dibujada como en la observación.</i>	
Fase 2	E20: <i>En la analogía entre las células del cuerpo y los frijoles se realiza el proceso de ósmosis para mantener el equilibrio hídrico y de electrolitos. Cuando se consume más agua o electrolitos de lo normal, se presenta un desequilibrio hídrico y retención de agua o electrolitos. esto se da en las mujeres embarazadas.</i>	E5
Act		<i>Sem: Utilizamos flechas para señalar. Dibujamos el frijol antes y después. Escribimos observaciones.</i>
2.2	E20: <i>Sem: En ambos se representa como se disminuye el agua y se inflan los frijoles. / Dif: En el dibujo de Daniela se observa una representación de un frijol solo y en el inicio no lo hay y en el de ella el agua no toma una coloración marrón. Edgardo explica cómo el agua adquiere un leve pigmento marrón.</i>	Dif: <i>Lina describió toda muy detallado y yo escribí más resumido</i>
6.3		

En esta oportunidad los resultados muestran que los estudiantes en las actividades iniciales mostraron un adecuado cumplimiento en los diferentes criterios (lenguaje científico, expresar ideas, asumir roles, etc.), sin embargo, al avanzar en las actividades vemos cómo la complejidad de estas pone a prueba esas habilidades, promoviendo en el estudiante un reto mayor que exige de su parte un esfuerzo para poner en manifiesto este aspecto de la indagación. Es el caso E20, muestra un adecuado intercambio de argumentos y la consecución de unos acuerdos basados en los análisis realizados por cada uno, mientras que los E5 y E23, aunque plantean un intercambio de opiniones o ideas resultados de sus observaciones, presentan un bajo nivel de profundidad en las mismo, utilizando un lenguaje común, alejado de un contexto científico, presentado una limitante en la comunicación y expresión de sus conclusiones lo cual es fundamental en la ciencia escolar.

Al final y después de haber analizado el discurso de los estudiantes sobre el tema el 87% de los estudiantes logra desarrollar un trabajo en equipo apropiado en la primera fase, mientras que en la segunda lo hace un 74%.

En este momento cobra un especial valor la propuesta desde el diseño de la UD, la cual ofrece al estudiante herramientas para perfeccionar sus representaciones verbales o escritas (modelización). En la ciencia los científicos se ven obligados a compartir sus avances, en la ciencia escolar el estudiante se ve en la necesidad de compartir (entre pares o en plenaria) los resultados de sus análisis. Teniendo en cuenta lo anterior, se observa la forma en que el estudiante progresa en la forma de expresar sus ideas, utilizando un lenguaje apropiado para el nivel escolar.

En la última fase es posible asegurar que la UD se compone de actividades potentes que a través de andamiajes el estudiante logre llevar a cabo una auténtica actividad científica escolar, permitiendo paulatinamente que, el 100% de los estudiantes desarrolle la indagación en aula.

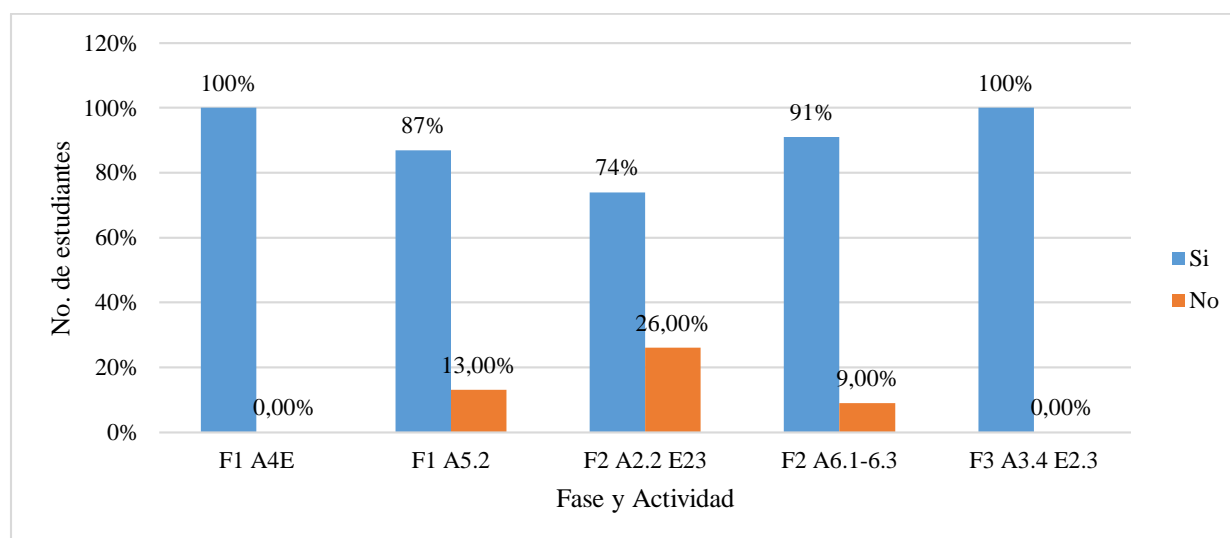
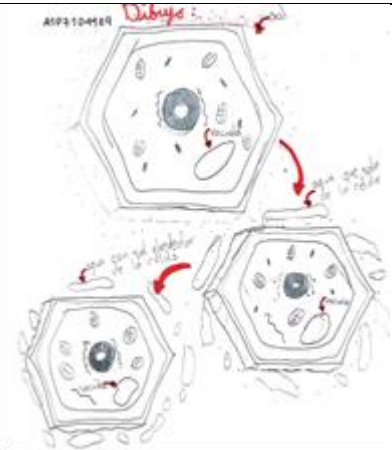
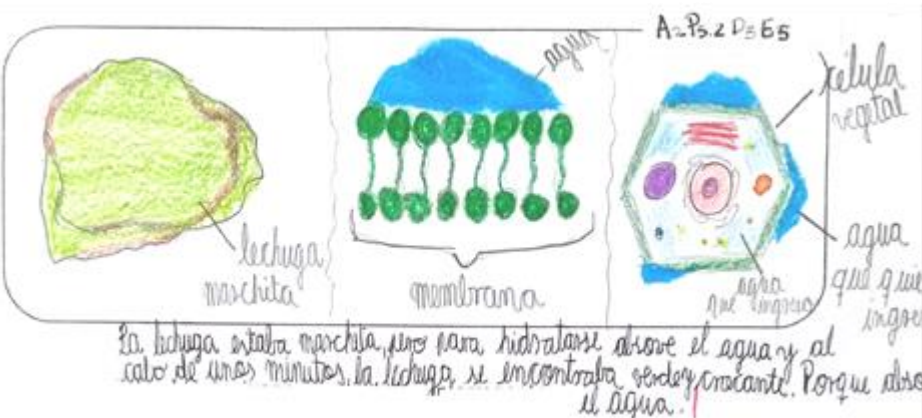


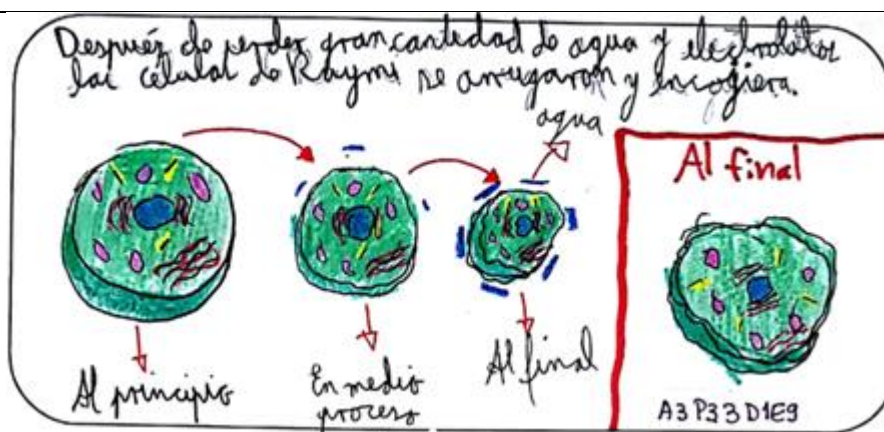
Figura 7-5 Estudiantes que lograron trabajar en equipo como ACE a lo largo de las fases aplicadas, según los criterios establecidos.

Por último, es importante puntualizar que a través del rastro bibliográfico se determina que la modelización es eje central para la enseñanza y el aprendizaje de ciencias, dado su fundamentación manipulativa y experimental en la representación de la teoría científica. Las UD diseñadas permiten potencializar la modelización como parte de la adquisición de su conocimiento, transformando así sus modelos parciales para llegar a un modelo final lo más parecido posible al modelo científico escolar de ósmosis.

Tabla 7-7 Respuesta de las estudiantes relacionadas con la modelización

Realiza trabajo en equipo a nivel de CE	
<p>Fase 1</p> <p>Act.</p> <p>3.1</p> <p>3.2</p> <p>5.1</p> <p>7.1</p> <p>7.2</p>	
<p>Fase 2</p> <p>Act.</p> <p>2.1</p> <p>3.1</p> <p>3.2</p> <p>5.2</p> <p>6.2</p>	

Fase 3
Act.
3.1
3.2
3.3
4.1
5.1
6.1



Al finalizar y después del análisis de lo expresado por los estudiantes, se evidencia que el 96% de los estudiantes construyen modelos complejos acerca del tema desarrollado:

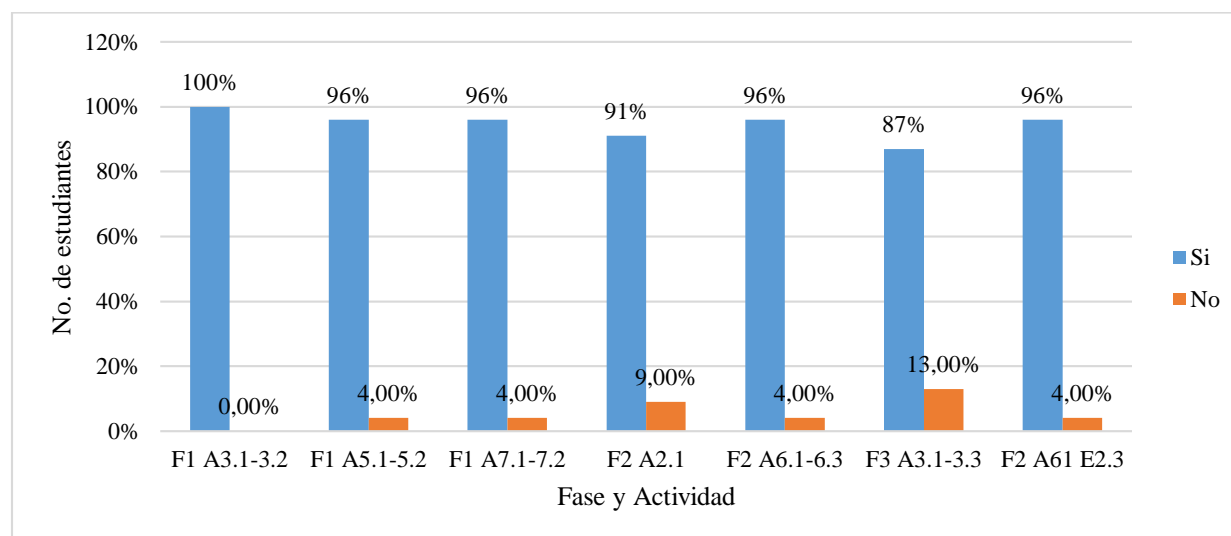


Figura 7-6 Estudiantes que desarrollaron la modelización a lo largo de las fases aplicadas

Los resultados anteriores, llevan a concluir que las actividades diseñadas fueron lo suficientemente potentes para desarrollar una auténtica ACE, cumpliendo de esta manera con el objetivo propuesto en esta investigación. La unidad didáctica propicia la indagación dado que más del 85% de los estudiantes lograron desarrollar cada uno de los aspectos que esta investigación plantea como necesarios para llevar a cabo la indagación como una auténtica

actividad científica escolar, siendo este el constructo que permite extender las ideas estructurantes del modelo cognitivo de ciencia escolar en el momento de pensar en la tarea de la enseñanza. Lo anterior, se presenta acorde con dicho modelo (Sanmartí, 2003).

Por lo anterior, es posible afirmar que se generó una auténtica ACE dado que cada una de las actividades están bien pensada, es decir, están planteadas con el propósito de desarrollar el pensamiento crítico los estudiantes, promoviendo que estos piensen y actúen como científicos escolares a través de una secuencia de actividades que permiten desarrollar en el estudiante cada uno de los aspectos de la indagación puestas al servicio de la presente investigación.

Más allá de una forma de trabajo tradicional, los estudiantes pueden vivenciar otra alternativa para aprender ciencias y sobre las ciencias, utilizando herramientas innovadoras que motivan e involucran al estudiante en su proceso de aprendizaje.

7.3 Categorización de los modelos expresados icónico, explicativos e icónico – explicativos.

Es necesario recordar que la estrategia de enseñanza basada en el presente trabajo de investigación se fundamenta en la concepción de que “los modelos son entidades abstractas, representaciones que subrogan, que reemplazan algunos aspectos del mundo que se estudian y actúan como mapas para facilitar su comprensión.” (Giere, 1999; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009). Teniendo en cuenta lo anterior, la implementación de la unidad didáctica permitió generar en los estudiantes la creación de tres tipos de modelo: icónico, explicativo e icónico- explicativo, los cuales dieron respuesta a algunos aspectos abordados en el Modelo Científico Escolar (MCE) del proceso de ósmosis, obedeciendo a la intención de la investigación.

Cabe resaltar que los modelos expresados por los estudiantes, a partir de la implementación de la UD les permitió comprender el proceso de ósmosis a tal punto que los estudiantes pudieron anticiparse, predecir o intervenir en las situaciones planteadas en cada una de las actividades de la unidad didáctica. Asimismo, es importante destacar que los modelos expresados obtenidos en las tres fases son dinámicos, incompletos, inespecíficos, medidos y por ende evolucionan permanentemente al interactuar el sujeto con el contexto, prueba de esto se puede evidenciar en los resultados obtenidos en los modelos expresados de la fase 3.

Las entidades y sus relaciones pudieron organizarse de tal manera que permitiera elaborar nociones, definiciones, conceptos, generalizaciones confirmadas, leyes, hipótesis, analogías o procesos. Dentro de esta investigación se considera **las entidades** como unidades operacionales para pensar, comunicar y actuar, son constructos conceptuales que se caracterizan por su comportamiento dentro de los límites del modelo y a veces también por su estructura. (Gómez, 2014, p. 51).

Para el análisis de los modelos expresados construidos por los estudiantes se han categorizado en modelos parciales 1, modelo parcial 2 y modelo final, teniendo en cuenta el mayor o menor número de entidades incluidas por los participantes en sus producciones, para tal fin fue necesario valorar en sus construcciones los aspectos y entidades del modelo científico escolar de ósmosis abordadas en el aula, las cuales fueron seleccionadas del modelo científico de ósmosis propuesto por el grupo investigador.(ver Anexo 1.24). Dicha selección de aspectos y entidades del modelo de ósmosis se reelaboraron según los lineamientos curriculares establecidos por el MEN para el grado séptimo de la básica secundaria. (ver Anexo 1.25).

7.4 Modelos parciales 1 y 2

Un modelo parcial es aquel que permite identificar los avances o evoluciones intermedias que abstraen una parte de la representación del proceso o fenómeno en estudio. Las entidades representadas en estos modelos parciales permiten clasificarlos en parcial 1 y parcial 2. La representación de un modelo parcial 1 evoca el menor número de entidades del Modelo Científico Escolar (MCE) de ósmosis propuesto (ver tabla, pag. 100), al mismo tiempo estos modelos obedecen a un trabajo individual que son el punto de partida para la construcción de un modelo final que exprese el mayor número de entidades posibles dentro de su construcción.

7.5 Modelo final

En este orden de ideas, se puede definir el modelo final como una representación que evidencia el desarrollo de un pensamiento científico escolar, producto de una evolución en la que los estudiantes dan razones, establecen argumentos y explicaciones que abarcan el mayor número de entidades posibles del Modelo Científico Escolar (MCE) de ósmosis propuesto; con este tipo de modelos los estudiantes son capaces de predecir, crear, explicar y establecer si su representación o modelo es similar o parecido al fenómeno estudiado.

7.6 Análisis de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 1 de la UD

Para la categorización de los modelos expresados: *icónico, explicativo e icónico - explicativo en niveles*, se hizo necesario reagrupar las actividades implementadas en cada fase, teniendo en cuenta los aspectos del MCE de ósmosis propuesto.

En la tabla siguiente se describen las entidades y los aspectos valorados del MCE de ósmosis propuesto en la fase 1.

Tabla 0-8 Entidades valoradas en la fase 1 de la unidad didáctica

ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS DEL MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ÓSMOSIS

Unidad Didáctica	Aspectos del modelo abordados	Entidades valoradas en la UD	Cantidad de entidades
	Transporte de sustancias	Paso libre de agua del interior hacia el exterior Presencia de poros en la membrana celular Control de electrolitos (sal)	
Fase 1 ¿Por qué sudan las berenjenas?	Tonicidad celular: ósmosis en un medio hipertónico	Paso libre de agua del interior hacia el exterior Presencia de poros en la membrana celular Las células se arrugan – deshidratación de las berenjenas Mayor concentración de sal en el exterior celular Menor concentración de agua en el interior de la célula	8

En la fase 1 de la unidad didáctica implementada las actividades (2.2, 3.2 y 5.1) se diseñaron intencionalmente para que los estudiantes construyeran modelos expresados icónico, explicativos e icónico -explicativos que permitieran la comprensión de tres entidades del aspecto transporte de sustancias del MCE de ósmosis, y las actividades (7.1 y 7.2) para la comprensión del aspecto de tonicidad celular, constituido por 5 entidades; las cuales generaron en los estudiantes modelos expresados icónico -explicativos de nivel bajo, medio y alto.

Para categorizar los modelos expresados icónicos, explicativos e icónico - explicativos, contruidos por los estudiantes se propuso 8 entidades del MCE de ósmosis.

Tabla 7-9 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 1 de la unidad didáctica

Niveles de los modelos expresados icónico, explicativo e icónico explicativos de los estudiantes en la fase 1			
Nivel expresado		Cantidad	Porcentaje
BAJO: Se identifican hasta 4 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.		1 estudiante	4.34%
MEDIO:		3 estudiantes	13.04%

Se identifican de 5 a 6 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.

ALTO:

Se identifican de 7 a 8 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto

19 estudiantes

82.60%

A continuación, se muestra la manera en cómo se agrupan los niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 1 titulada *¿Por qué sudan las berenjenas?* identificando en ellos los porcentajes de cada nivel expresado.

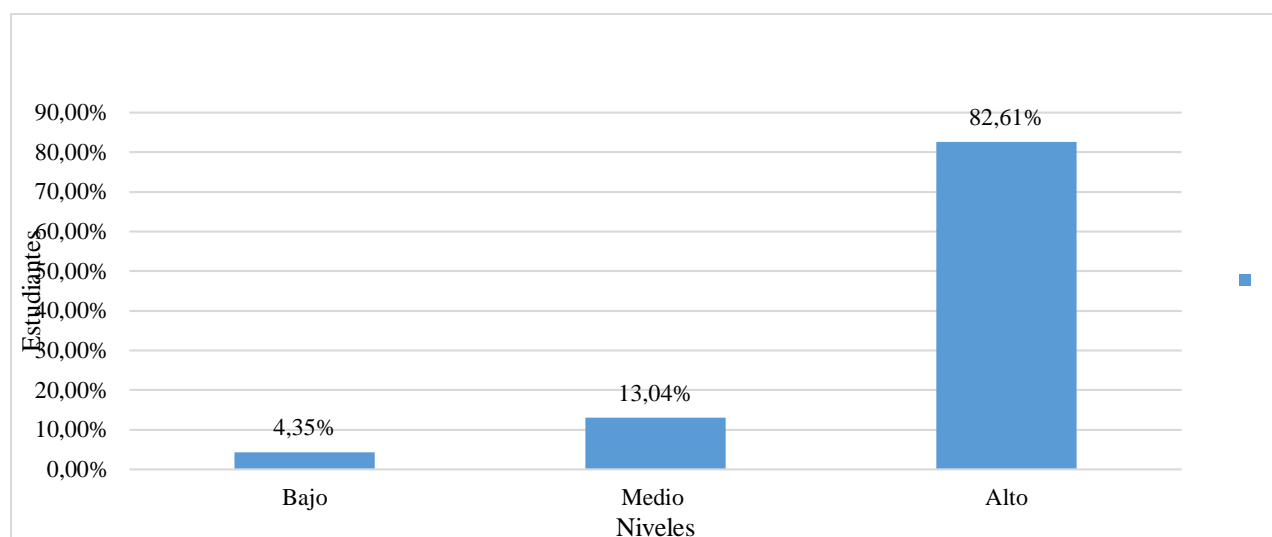

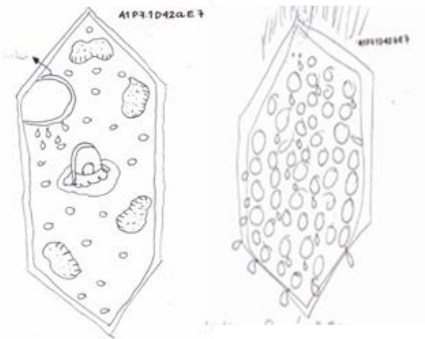


Figura 7-7 Número de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 1

Para el análisis de los resultados obtenidos después de la implementación de la unidad didáctica, se recogieron las respuestas generadas por los estudiantes en cada una de las actividades de las fases 1, 2 y 3 respectivamente, en los cuales los estudiantes pudieron construir y modificar sus modelos expresados a través de la indagación como actividad científica escolar, a continuación, podemos ejemplificar en la siguientes tablas el análisis semántico realizado con las respuestas obtenidas por los estudiantes, donde cada uno incorpora en sus modelos

expresados un número específico de identidades que permite categorizarlos en tres niveles: *bajo*, *medio* y *alto*, una vez implementada la fase 1 titulada *¿Por qué sudan las berenjena?* En el nivel *bajo* solo un estudiante representado con el código E7 construyó modelos icónico- explicativo de nivel bajo, el cual corresponde a un 4.34% de la población total.

Tabla 7-10 Análisis de las respuestas obtenidas por el E7 en la fase 1 de la UD


Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Modelos expresados (Datos)
1. Paso libre de agua del interior hacia el exterior.	En los aspectos del MCE de ósmosis abordados en la fase 1 se observa que los modelos expresados por el E7 solo incorporan las entidades 1, 2, 3 y 4. La entidad número 1 y 4 es visible en el modelo icónico construido a partir de la actividad 7.1 en él, el estudiante representa gotas de agua en medio intracelular la cual es expulsada al exterior de la célula representándolo con líneas que salen del interior al exterior de la célula completándolo con otro modelo icónico de una célula que en su interior tiene pocas gotas de agua, la entidad número 2 la incorpora en su modelo al expresar que el agua atraviesa los poros de la berenjena, asimismo la entidad número 3 es incluida en su modelo explicativo al responder la	2.2 <i>Lo que pasa es que cuando se echa la sal a la berenjena, la berenjena absorbe la sal y le sale agua a la berenjena.</i>
2. Presencia de poros en la membrana celular.		3.2 <i>La estructura que tiene que atravesar el agua es la bicapa de la membrana y tiene fosfolípidos</i>
3. Control de electrolitos (sal)		5.1 <i>El agua atraviesa los poros de la berenjena. Dibujo: A1P5.1D2E7</i>
4. Paso libre de agua del interior hacia el exterior.		
5. Presencia de poros en la membrana celular.		
6. Las células se arrugan – deshidratación de las berenjenas.		
7. Mayor concentración de sal en el exterior celular.		
8. Menor concentración de agua en el interior de la célula.		
	Actividad 2.2, en su argumento describe que al aplicar sal a la berenjena esta la absorbe liberando al exterior celular agua.	7.1 Identificación de vacuola en la célula vegetal. Dibujo: A1P7.1D3aE7, A1P7.1D3bE7
		

7.2 No, porque las células son diferentes, por ejemplo, la célula animal es diferente a la vegetal y por lo tanto comparten algunas funciones, pero no todas.

En los modelos expresados *explicativo e icónico – explicativos* construidos por el E7 como es visible en el análisis realizado en la tabla anterior, solo se identifican 4 entidades de 8 valoradas; siendo este modelo parcial inicial incompleto ya que no permite visualizar la incorporación de todas las entidades que se pueden incluir en los modelos expresados que pueden construirse a partir de la situación hipotética planteada, al igual que deja en evidencia el desconocimiento del proceso ocurrido en la deshidratación de las berenjenas.

Los E2, E8 y E21 construyeron modelos expresado-explicativos e icónico – explicativos de nivel medio representado en un 13.04%, ya que fueron capaces de incluir en sus modelos de 5 a 6 entidades de las 8 entidades valoradas en los aspectos del MCE de ósmosis abordados en la fase 1 de la unidad didáctica, como se detalla en la tabla que registra el análisis semántico realizado a los datos obtenidos por el E2.

Tabla 7-11 Análisis de las respuestas obtenidas por el E2 en la fase 1 de la UD

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
1. Paso libre de agua del interior hacia el exterior.	En los modelos expresados icónico, explicativo e icónico-explicativo construidos por el E2 incorporó las entidades 1,2,3,4,5, y 6. La entidad número 1 y 4 es incluida en el modelo icónico construido a partir de la actividad 2.2 en él, el estudiante modeliza una berenjena expulsando agua de adentro de la berenjena hacia afuera, dejando visible en el plato que representa el exterior de la célula, la presencia de agua, la entidad número 2 es incluida en su	2.2 Al echarle sal la berenjena como que se deshidrata y expulsa agua, entre más tiempo dura más agua expulsa.
2. Presencia de poros en la membrana celular.		
3. Control de electrolitos (sal)		Dibujo: A1P2.2D1E2.
4. Paso libre de agua del interior hacia el exterior.		3.2 la estructura que atraviesa el agua es la membrana celular de la berenjena y luego por los poros para llegar al plato.
5. Presencia de poros en la membrana celular.		

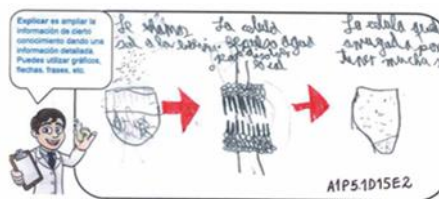
6. Las células se arrugan – deshidratación de las berenjenas.

7. Mayor concentración de sal en el exterior celular.

8. Menor concentración de agua en el interior de la célula.

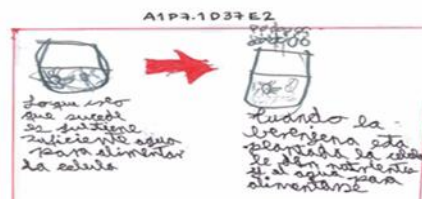
modelo explicativo construido a partir de la actividad 3.2 en dicho dato el estudiante argumenta que la estructura que debe atravesar el agua es la membrana celular precisando la presencia de poros en la misma. La entidad número 3 y 6 están incluida por el estudiante en su modelo icónico -explicativo construido a partir de la actividad 5.1 en la que representa el ingreso de sal y la expulsión de agua movimiento que es asociado con el control de electrolitos en busca de un equilibrio en el soluto (sal) lo cual genera en la berenjena deshidratación.

5.1 *Le echamos sal a la berenjena. La célula expulsa agua para disolver la sal. La célula queda arrugada por tener mucha sal. Dibujo: AIP5.1D2*



7.1 *Lo que creo que sucede es que tiene suficiente agua para alimentar la célula. Cuando la berenjena está plantada la célula le den nutrientes y el agua para alimentarse.*

Dibujo: AIP7.1D3E2



7.2 *No, porque cada célula es diferente en cada individuo y cada una actúa de forma diferente.*


Una vez que se recogieron los datos obtenidos con la implementación de la unidad didáctica, fue necesario analizar las respuestas dadas por cada uno de ellos, a partir de una matriz que recopiló todos los aspectos y entidades del MCE de osmosis propuesto en cada una de las fases, dicha matriz permitió categorizar los modelos construidos por los estudiantes identificando en ellos las entidades incluidas para cada aspecto del modelo abordado en las tres fases.

En la fase 1 se hizo necesario una agrupación de actividades por aspecto trabajado; para el aspecto de transporte de sustancia se valoraron las actividades (2.2, 3.2 y 5.1) y para el aspecto de tonicidad celular: ósmosis en un medio hipertónico se valoraron las actividades (7.1 y 7.2). Durante la recopilación de los datos generados por los estudiantes se pudo definir que un modelo

parcial de nivel medio contiene de 5 a 6 entidades identificadas, en el MCE de ósmosis propuesto.

Asimismo, después de analizar los datos obtenidos después de la implementación de la UD, 19 estudiantes del grado séptimo codificados con los símbolos (E1, E3, E4, E5, E6, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20 E22, y E23) representando en un 82.60% construyeron modelos parciales icónico, explicativos e icónico – explicativos de *nivel alto*, ya que en el producto de sus actividades pudieron identificar de 7 a 8 entidades abordadas del MCE de ósmosis propuesto. Sus modelos parciales fueron asertivos al hacer aproximaciones reales que permitieron dar explicación al fenómeno ocurrido en la deshidratación de la berenjena, sin antes haber desarrollado en el aula el concepto de ósmosis en un medio hipertónico, como se detalla en la tabla.

Tabla 7-12 Análisis de las respuestas obtenidas por el E18 en la fase 1 de la UD

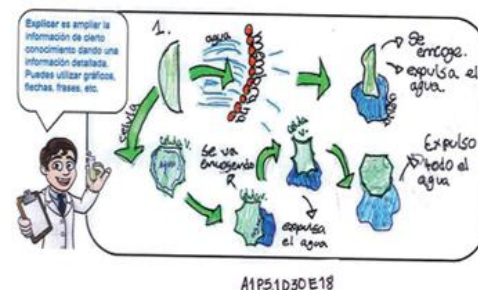
Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
1. Paso libre de agua del interior hacia el exterior.	En los modelos expresados explicativo e icónico-explicativo construidos por el E18 incorporó las 8 entidades propuestas en el MCE de ósmosis. La entidad número 1 y 4 es incluida en el modelo icónico - explicativo construido por el estudiante a partir de la actividad 2.2 en él, modeliza una berenjena expulsando agua de adentro de la berenjena hacia afuera dejándola visible en el exterior de ella, la entidades número 2 y 5 están presente en el modelo icónico -explicativo construido a partir de la actividad 5.1 en el que se representa la cabezas hidrofílicas de las	2.2 <i>Más o menos se veía así cuando estaba cortada con sal así cortada. Poco a poco fue cambiando de color hasta llegar a ser verde en los bordes. Cuando paso algunos minutos comenzó a absorber la sal, comenzó a deshidratar a la berenjena y la berenjena comenzó a botar agua. l final se vio más o menos así.</i> <i>Dibujo: A1P2.2D1E18</i>
2. Presencia de poros en la membrana celular.		
3. Control de electrolitos (sal)		
4. Paso libre de agua del interior hacia el exterior.		
5. Presencia de poros en la membrana celular.		
6. Las células se arrugan – deshidratación de las berenjenas.		
7. Mayor concentración de sal en el exterior celular.		3.2 <i>Debe atravesar la membrana celular de las berenjenas, pasa por los poros y en si por la barrera, las proteínas ayudan.</i>

8. Menor concentración de agua en el interior de la célula.

moléculas de fosfolípidos y los espacios entre ellos representa la presencia de poros en la membrana celular, reafirmando en el modelo explicativo de la act. 3.2 donde en dicho dato el estudiante argumenta que la estructura que debe atravesar el agua es la membrana celular detallando en el mismo la presencia de poros. La entidad número 3, 6 y 7 están incluida en el modelo icónico-explicativo expresado en la act. 5.1 y 7.1 cuando el estudiante grafica el movimiento del agua del interior al exterior de la célula al agregarle sal a la berenjena como consecuencia de un control de electrolitos(sal) dejando en evidencia la mayor concentración de sal en el exterior de la célula, asimismo

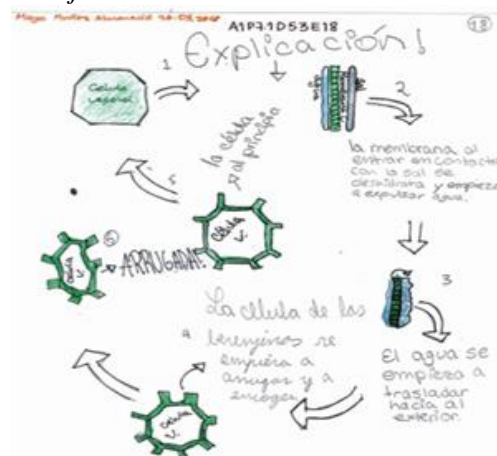
la entidad número 6 es visible cuando el estudiante representa en su modelo una membrana celular arrugada expulsando agua al exterior ocasionando menor concentración de agua en su interior. Entidad número 8 incluida en su modelo.

5.1 La célula expulsa agua se va encogiendo: Se encoge, expulsa toda el agua. Dibujo: A1P5.1D2E18



7.1 i). Imagen de una célula vegetal, ii) la membrana al entrar en contacto con la sal se deshidrata y empieza a expulsar agua; iii). El agua se empieza a trasladar hacia el exterior; iv) las células de la berenjena se empiezan a arrugar y a encoger; v) Célula arrugada.

Dibujo: A1P7.1D3E18



7.2 No, digo que pasa solo en la vegetal ya que el agua se encuentra en la vacuola central.

7.7 Análisis de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2.

Para la categorización y el análisis de los modelos expresados: *icónico, explicativo e icónico -explicativo* en los niveles bajo medio y alto, se hizo necesario la agrupación de los datos obtenidos por los estudiantes en la fase 2 titulada *¿Por qué se hinchan los frijoles al dejarlos en remojo?*, teniendo en cuenta que el producto de las actividades implementadas en

esta fase obedecieran a la construcción de modelos; para tal fin, se abordó un aspecto del MCE de ósmosis: tonicidad celular en un medio hipotónico, en el que se valoraron 11 entidades del mismo en dos ópticas diferentes *macroscópica* y *microscópica*.

Tabla 7-13 Entidades valoradas en la fase 2 microscópica y macroscópica de la unidad didáctica aplicada

Análisis de los aspectos del modelo científico escolar de ósmosis			
Unidad didáctica	Aspectos del modelo abordado	Entidades valoradas en la u. D	Cantidad de entidades
Fase 2 ¿Por qué se hinchan los frijoles al dejarlos en remojo?	TONICIDAD CELULAR: ósmosis en un medio hipotónico (frijoles) desde una óptica microscópica	FRIJOLES	6
		Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.	
		Presencia de poros en la membrana celular.	
		Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular	
		Las células se hinchan- hidratación de los frijoles.	
		Menor concentración de azúcar y carbohidratos disuelto en el exterior de la célula.	
	TONICIDAD CELULAR: ósmosis en un medio hipotónico (lechuga) desde una óptica macroscópica	Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.	5
		LECHUGA	
		Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.	
		Presencia de membrana celular.	
		Las células se hinchan- hidratación de La lechuga.	
		Menor concentración de vitaminas y minerales disueltos en el exterior de la célula.	
		Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.	

En el segundo momento de implementación se llevó a cabo la segunda fase de la unidad didáctica, en la cual sus actividades fueron diseñadas con el propósito de propiciar en los estudiantes la modelización para dar explicaciones al proceso de ósmosis desde una óptica microscópica en un medio hipotónico, utilizando diferentes recursos que optimizaron dicha pretensión.

Para propiciar la modelización desde una óptica microscópica el recurso utilizado fue una situación hipotética con los frijoles en el cual el estudiante debió darle solución a partir de la predicción. En esta segunda fase microscópica se tuvo en cuenta para el análisis de los resultados las actividades (2.1, 3.1 y 3.2) que permitieron valorar el proceso de ósmosis en un medio hipotónico desde una óptica microscópica generando modelos parciales explicativos e icónicos – explicativos de nivel bajo, medio y alto. Para su categorización se tuvo en cuenta seis entidades.

Tabla 7-14 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2 microscópica de la unidad didáctica.

Niveles de los modelos expresados icónico, explicativo e icónico explicativos de los estudiantes en la fase 2 microscópica		
Nivel expresado	Cantidad	Porcentaje
BAJO: Se identifican hasta 3 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	2 estudiante	8.4%
MEDIO: Se identifican de 4 a 5 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	14 estudiantes	60.86%
ALTO: Se identifican de 6 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	7 estudiantes	30.43%

Seguidamente, se muestra la gráfica en la que se agrupan los niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2 titulada *¿Por qué se hinchan los frijoles?* identificando en ellos los porcentajes de cada nivel expresado.

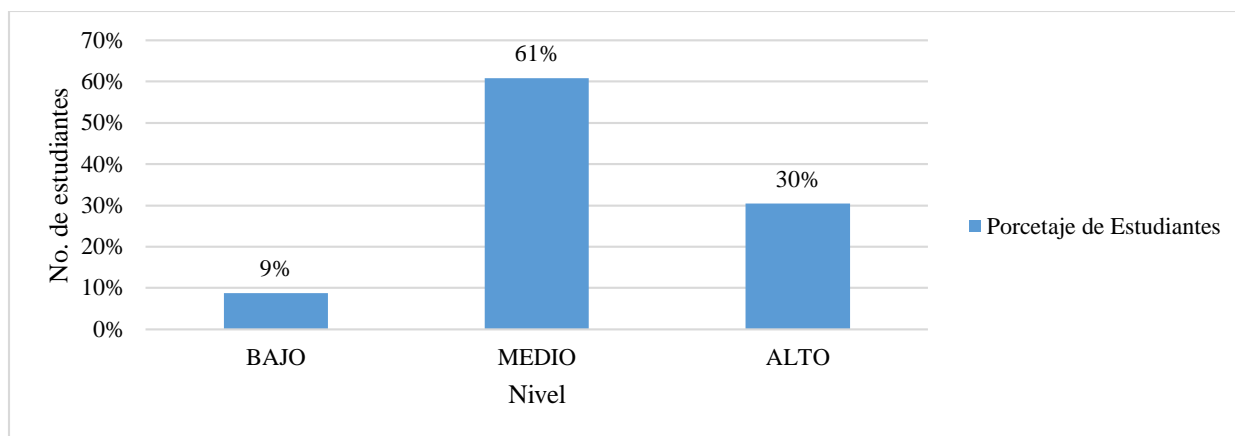
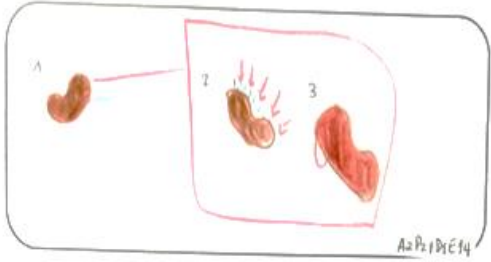


Figura 7-8 Porcentaje de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 2

Los resultados obtenidos en la implementación de la fase 2 microscópica nos lleva a categorizar a los 23 estudiantes en tres niveles: bajo alto y medio como se evidencia en la Figura 7-8.

En dichos resultados el 9% de los participantes se encuentra un nivel de modelización bajo, dado que solo fueron capaces de expresar en sus modelos hasta tres entidades de seis en el aspecto valorado. Dicho nivel fue alcanzado por el E7 y el E14. En la siguiente tabla se evidencia el análisis semántico de los datos obtenidos por el E14.

Tabla 7-15 Análisis de las respuestas obtenidas por el E14 en la fase 2 microscópica de la U.D

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
1. Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.	En los modelos icónicos expresados por estudiante 14 incorporó las entidades 1 y 6. La entidad número 1 es incluida en el modelo icónico construido por el estudiante a partir de la actividad 2.1 en el que modeliza un frijol sumergido en agua el cual está absorbiendo agua presente en el exterior de este simbolizándolo con	. Dibujo: A2P2.1D1E14
2. Presencia de poros en la membrana celular.	flechas con un sentido “de afuera hacia dentro” dejando visible de igual forma la presencia de la entidad número 6, se complementa	
3. Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular.		3.1 Yo creo que entra por la membrana celular. 3.2 Dibujo: A2P3.2D2E14

4. Las células se hinchan- hidratación de los frijoles. con el modelo icónico construido en la act. 3.2 el que se representa un frijol en un medio extracelular con presencia de agua.

5. Menor concentración de azúcar y carbohidratos disuelto en el exterior de la célula.

6. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula

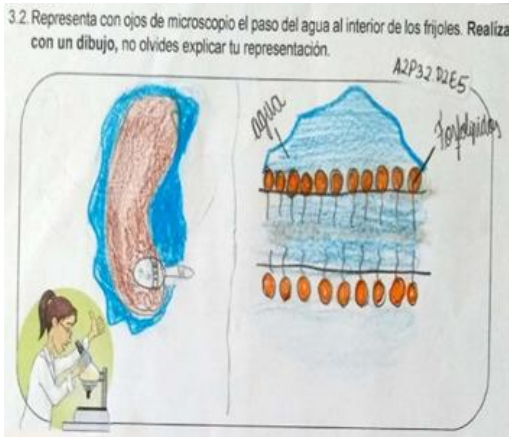


Por otra parte, el 61% de la población de estudiantes representados con los códigos E1, E2, E3, E4, E5, E8, E9, E11, E14, E18, E19, E21, Y E24, construyeron modelos parciales icónicos, explicativos e icónico explicativos de *nivel medio*, dado que, en sus representaciones incluyeron de 4 a 5 entidades de valoradas del MCE de ósmosis propuesto. Razón de estos resultados obtenidos se puede evidenciar en la siguiente tabla:

Tabla 7-16 Análisis semántico de las respuestas obtenidas por el E5 en la fase 2 microscópica de la UD

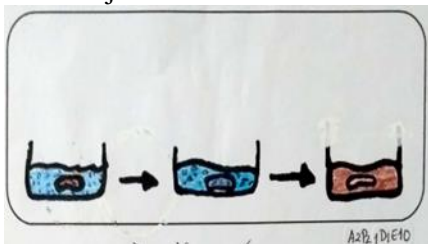
Entidad (Criterio de análisis)	Análisis semántico de los modelos expresados	Datos
<u>1. Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.</u>	En los modelos expresados explicativo e icónico- explicativo construidos por el E5 incorporó 5 entidades de las 6 propuestas en el MCE de ósmosis. La entidad número 1 se hace visible en los modelos expresados de las act. 2.1 y 3.2 en ellos el estudiante modeliza un frijol y la membrana celular del mismo incorporando agua de afuera hacia dentro al igual que lo argumenta en el producto de la act 3.1.	2.1 → Agua: es absorbida por el frijol → Frijol → un día después → Agua → frijol. Dibujo: A2P2.1D1E5
<u>2. Presencia de poros en la membrana celular.</u>		
<u>3. Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular.</u>		
<u>4. Las células se hinchan- hidratación de los frijoles.</u>	La entidad 2 es incluida en el modelo explicativo de la act. 3.1 en cual el dato obtenido expresa la presencia de poros en el paso del	3.1 El agua entra por los poros del tegumento, y cuando se rompe el agua puede pasar más fácil.



5. Menor concentración de azúcar y carbohidratos disueltos en el exterior de la célula.	agua. Asimismo, las entidades 3 y 4 son visualizadas en el modelo icónico - explicativo construido a partir de la act. 3.2 en el cual el estudiante representa con círculos marrones las moléculas de fosfolípidos presentes en la estructura de la membrana celular dejando a consideración la hidratación del frijol, el cual está sumergido en gran cantidad de agua con una visión macroscópica y microscópica; de igual manera la entidad 6 es incluida en los modelos construidos en las act 2.1 y 3.2 donde el estudiante con color azul representa mayor cantidad de agua en el medio extracelular.	3.2 → Agua. → Fosfolípidos Dibujo: A2P3.2D2E5
6. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.		<p>3.2. Representa con ojos de microscopio el paso del agua al interior de los frijoles. Realiza con un dibujo, no olvides explicar tu representación.</p> 
____. Entidades incluidas en el modelo expresado por el estudiante.		

Asimismo, el 30 % del grupo de estudio, representado en los estudiantes E6, E10, E12, E15, E17, E20 y E22; crearon modelos parciales icónicos, explicativos e icónico – explicativos de *nivel alto*, teniendo en cuenta que, en sus representaciones fue posible identificar 6 entidades abordadas en el M.C.E de ósmosis planteado. Los resultados obtenidos en esta fase se pueden evidenciar en el análisis semántico de los datos obtenidos por el estudiante 10 (E10), como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 7-17 Análisis de las respuestas obtenidas por el E10 en la fase 2 microscópica de la UD

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
<u>1. Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.</u>	En los modelos expresados icónico, explicativo e icónico- explicativo construidos por el E10 incorporó 6 entidades de las 6 propuestas en el MCE de ósmosis. La entidad número 1 se hace visible en el modelo icónico construido a partir de la actividad 2.1, en el presente modelo el estudiante representa con color azul la presencia de agua en un recipiente en el que se encuentra sumergido un frijol. La entidad 2 está incluida en el modelo explicativo de la act, 3.1 el cual el	2.1 Dibujo: A2P2.1D1E10
<u>2. Presencia de poros en la membrana celular.</u>		
<u>3. Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular.</u>		3.1 Entra por los poros de la membrana celular ya que los fosfolípidos tienen una cabeza hidrofílica que permite el paso libre de agua.

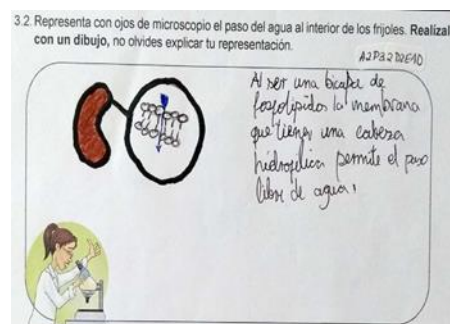
4. Las células se hinchan- hidratación de los frijoles.

5. Menor concentración de azúcar y carbohidratos disueltos en el exterior de la célula.

6. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.

estudiante argumenta que el agua pasa por los poros de la membrana, asimismo la entidad 3 la representa en un círculo que sale del frijol en el cual es visible la cabeza y las colas de la molécula de fosfolípidos. Las 4, 5 y 6 están incluidas en el modelo icónico de la act. 2.1 en él, el estudiante representa la presencia de carbohidratos disueltos en el exterior celular con color marrón y la mayor cantidad de agua en el exterior celular con color azul.

3.2 Al ser una bicapa de fosfolípidos la membrana que tienen una cabeza hidrofílica permite el paso libre del agua.
Dibujo: A2P3.2D2E10



____. Entidades incluidas en el modelo expresado por el estudiante.

7.8 Análisis de los modelos expresados en la fase 2 macroscópica

En el tercer momento de implementación se llevó a cabo la segunda fase macroscópica de la unidad didáctica, en la cual sus actividades fueron estructuradas con el fin de que los estudiantes a través de la modelización dieran explicaciones del proceso de ósmosis desde una óptica macroscópica en un medio hipotónico, utilizando como recurso agua y lechuga con los cuales se propició la experimentación a partir de la hidratación de la lechuga. En dicha fase se tuvo en cuenta para el análisis de los datos obtenidos, las actividades (4.1, 4.2 y 5.2), los modelos contruidos a partir de las actividades agrupadas permitieron valorar el proceso de ósmosis en un nivel macro generando modelos expresados icónicos, explicativos e icónicos – explicativos de nivel bajo, medio y alto. Para su categorización se tuvo en cuenta cinco entidades como se detalla en la tabla.

Tabla 7-18 Entidades valoradas en la fase 2 macroscópica de la unidad didáctica.

Análisis de los aspectos del modelo científico escolar de ósmosis			
Unidad Didáctica	Aspectos del modelo abordado	Entidades valoradas en la u. d	Cantidad de entidades
Fase 2 ¿Por qué se hinchaban los frijoles al dejarlos en remojo?	TONICIDAD CELULAR: ósmosis en un medio hipotónico (lechuga) desde una óptica macroscópica	LECHUGA	5
		Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.	
		Presencia de membrana celular.	
		Las células se hinchaban- hidratación de La lechuga.	
		Menor concentración de vitaminas y minerales disueltos en el exterior de la célula.	
		Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.	

Tabla 7-19 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2 macroscópica de la unidad didáctica.

NIVELES DE LOS MODELOS EXPRESADOS ICÓNICO, EXPLICATIVO E ICÓNICO-EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES EN LA FASE 2 MACROSCÓPICA		
Nivel expresado	Cantidad	Porcentaje
BAJO: Se identifican hasta 2 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	0 estudiante	0.0%
MEDIO: Se identifican de 3 a 4 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	21 estudiantes	91.30%
ALTO: Se identifican de 5 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	2 estudiantes	8.69%

A continuación, se muestra la figura en la que se representan en porcentaje los niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 2 macroscópica:

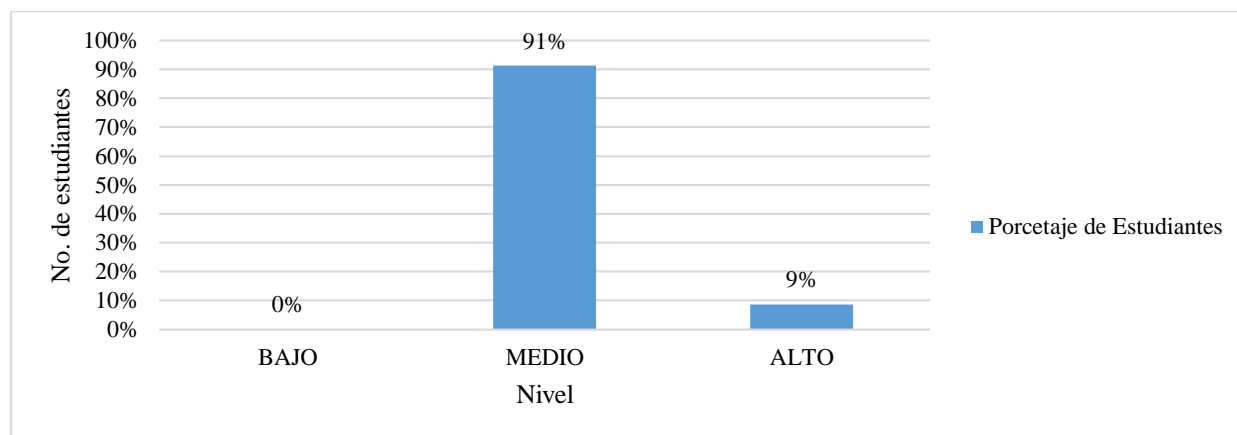


Figura 7-9 Porcentaje de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 2 macroscópica.

Los resultados obtenidos en la implementación de la fase 2 macroscópica nos lleva a categorizar a los 23 estudiantes en dos niveles: medio y alto como se evidencia en la figura 7-9.

En dichos resultados el 91% de los participantes se encuentra un nivel de modelización medio, obtenido por los estudiantes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E21, E22 Y E23; puesto que fueron capaces de vincular de 3 a 4 entidades de las 5 abordadas en los modelos construidos por los estudiantes a partir de las actividades implementadas en la fase 2 macroscópica de la unidad didáctica. Mencionado nivel se puede evidenciar en los resultados obtenidos por el E16

Tabla 7-20 Análisis de las respuestas obtenidas por el E16 en la fase 2 macroscópica de la UD

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
<u>1.Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.</u>	En los modelos expresado explicativo e icónico-explicativo construidos por el E16 incorporó 5 entidades de las 6 propuestas en el MCE de ósmosis. La entidad 1, la	<i>4.1 Al sumergirla la membrana de la lechuga absorbe el agua para hidratarse, es decir, que la lechuga estaba perdiendo células al sentir contacto con el agua se hidrate.</i> <i>4.2 Porque si la lechuga se deshidrata al sentir agua se hidrata.</i>

2. Presencia de membrana celular. representa con color azul en el exterior del modelo de célula construido en la act. 5.2, la entidad 2 es incorporada en la representación de la estructura de la membrana celular modelizada con color verde en la act. 5.2, las entidades 3 y 5 están incluidas en los modelos explicativos construidos a partir de la act. 4.1 y 4.2 en ellas el estudiante argumenta que la lechuga al sumergirla en agua se hidrata cambiando su aspecto de marchita a crocante en el modelo icónico-explicativo el estudiante

3. Las células se hinchan por hidratación de la lechuga. representa con color azul la presencia de agua en un recipiente en el que se encuentra sumergida la lechuga.

4. Menor concentración de vitaminas y minerales disueltos en el exterior de la célula.

5. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.

____. **Entidades incluidas en el modelo expresado por el estudiante.**

5.2 La lechuga está deshidratada y por eso necesita agua para hidratar las células de la lechuga. La célula vegetal al sentir contacto con el agua se hidrata. Cuando las células de la lechuga se hidratan la lechuga se pone crocante. Ver dibujo: A2P5.2D3E16

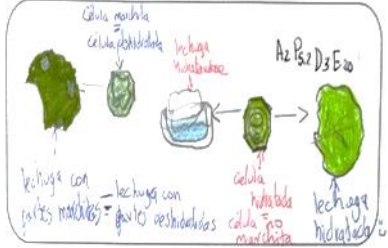
5.2 Representa con un dibujo lo que consideras que sucedió al interior de las lechugas, no olvides explicar tu representación



De igual manera el 9% de los estudiantes construyeron modelos icónicos, explicativos e icónico - explicativos de nivel alto dado que fueron capaces de incluir en sus modelos expresados 5 entidades de las 5 valoradas en el aspecto de tonicidad celular: ósmosis en un medio hipotónico del MCE sugerido. Citado nivel se puede evidenciar en el registro de las respuestas obtenidas por el E20 detallado en la siguiente tabla:

Tabla 7-21 Análisis de las respuestas obtenidas por el E20 en la fase 2 macroscópica de la UD

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
1. <u>Paso libre de agua del exterior al interior de la célula.</u>	En los modelos expresado explicativo e icónico- explicativo construidos por el E20 se incorporó 5 entidades de las 5 propuestas en el M.C.E de ósmosis por lo cual se categoriza en un nivel de modelización alto. La entidad 1, la representa con color azul en el interior	4.1 <i>Creo que puede volver a estar bien, es decir no marchita porque al remojarse la lechuga expulsó las células marchitas para buscar el gradiente de la concentración entre el agua y la lechuga</i>
2. <u>Presencia de membrana celular.</u>		

3. Las células se hinchan- hidratación de la lechuga.	del recipiente en el que se encuentra sumergida la lechuga	4.2 Porque al buscar el gradiente de concentración, tiene que expulsar sustancias del interior.
4. Menor concentración de vitaminas y minerales disueltos en el exterior de la célula.	de la estructura de la membrana celular modelizada en la act.5.2 asimismo en el mismo modelo se visualiza macroscópicamente la textura d la hoja verde que permite el paso de agua de afuera hacia dentro. La entidad 3 y 4 son incluidas en los modelos explicativos construidos a partir de las act. 4.1, 4,2 y 5.2 en ellos el estudiante asocia la hidratación de la lechuga con el cambio físico marchita a no marchita. La presencia de la entidad 4ª incluye el estudiante al argumentar que la lechuga en busca de equilibrar el gradiente de concentración tiene que expulsar sustancias del interior.	5.2 Lechuga con partes marchitas→ lechuga con partes deshidratadas. →Células marchitas= células deshidratadas→ Lechuga hidratándose. → Célula hidratada→=célula no marchita. Lechuga hidratada. Ver dibujo: A2P5.2D3E20
5. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula.		5.2 Representa con un dibujo lo que consideras que sucedió al interior de las lechugas, no olvides explicar tu representación 
____. Entidades incluidas en el modelo expresado por el estudiante.		

7.9 Análisis de los modelos expresados en la fase 3 de la UD.

En el cuarto momento de implementación de la unidad didáctica se llevó a cabo la tercera fase, en ella sus actividades fueron estructuradas con el propósito de propiciar en los estudiantes la modelización teniendo en cuenta todos los aspectos trabajados en el aula en torno al proceso de ósmosis en los medios hipotónico e hipertónico, utilizando como recurso una situación problema en la que se dejó en evidencia la deshidratación en el organismo de un paciente llamado Raymi. En la mencionada situación el estudiante debe analizar, predecir, argumentar y representar a través de modelos lo sucedido en el organismo de Raymi utilizando, todos los aspectos del MCE de ósmosis trabajados durante la implementación de la unidad didáctica, para dar solución a la situación hipotética planteada. En esta última fase se tuvo en cuenta para el análisis de los resultados las actividades (3.1, 3.2 y 3.3) para valorar el aspecto tonicidad celular: ósmosis en un medio hipertónico en las células gastrointestinales de Raymi y las actividades

(4.1, 5.1 y 6.1) para valorar el aspecto de composición de la membrana y tonicidad celular: ósmosis en un medio hipotónico e hipertónico, originando en su representación modelos expresados icónicos, explicativos e icónicos – explicativos de nivel medio y alto. Para la categorización de los niveles de los modelos expresados se tuvo en cuenta 18 entidades del MCE de ósmosis propuesto.

Tabla 7-22 Entidades valoradas en la fase 3 de la unidad didáctica implementada.

ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS DEL MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ÓSMOSIS			
Unidad Didáctica	Aspectos del modelo abordado	Entidades valoradas en la ud	Cantidad de entidades
Fase 3 ¿Cómo influye la ósmosis en nuestras funciones vitales a nivel celular?	TONICIDAD CELULAR: ósmosis en un medio hipertónico. (células gastrointestinales de Raymi)	Paso libre de agua del interior al exterior de la célula.	6
		Presencia de poros en la membrana celular.	
		Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular	
		Las células se arrugan- deshidratación de las células gastrointestinales de Raymi	
		Mayor concentración de sal en el exterior celular	
		Menor concentración de agua en el interior celular	
		ÓSMOSIS- COMPOSICIÓN	
COMPOSICIÓN DE LA MEMBRANA Y TONICIDAD CELULAR: ósmosis en un medio hipertónico e hipotónico		Paso libre de agua del interior al exterior de la célula o viceversa	12
		Presencia poros en la membrana celular.	
		Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular.	
		Presencia de cabezas hidrofílicas en la membrana celular que permiten el paso de agua	
		Presencia de colas hidrofóbicas en la membrana celular que rechazan el paso de agua.	
		El proceso de ósmosis termina cuando se igualan las concentraciones de solutos por medio del paso de agua.	
		MEDIO HIPERTÓNICO	

Las células se arrugan – deshidratación de las células gastrointestinales de Raymi.
Mayor concentración de solutos (iones de sodio, potasio, calcio en el exterior celular) electrolitos.
Menor concentración de solvente (agua) en el interior de la célula.
MEDIO HIPOTÓNICO
Las células se hinchan- hidratación de las células gastrointestinales de Raymi.
Menor concentración de solutos disueltos en el exterior de la célula.
Mayor concentración de solvente (agua) en el exterior de la célula.

Tabla 7-23 Niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 3 de la unidad didáctica.

NIVELES DE LOS MODELOS EXPRESADOS ICÓNICO, EXPLICATIVO E ICÓNICO-EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES EN LA FASE 3.		
NIVEL EXPRESADO	CANTIDAD	PORCENTAJE
BAJO: Se identifican hasta 9 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	0 estudiante	0.0%
MEDIO: Se identifican de 10 a 16 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	11 estudiantes	47.82%
ALTO: Se identifican de 17 a 18 entidades abordadas en el Modelo Científico Escolar de ósmosis propuesto.	12 estudiantes	52.17%

A continuación, se muestra la gráfica en la que se representan los porcentajes de los niveles de los modelos expresados por los estudiantes en la fase 3 titulada *¿Cómo influye la ósmosis en nuestras funciones vitales a nivel celular?*

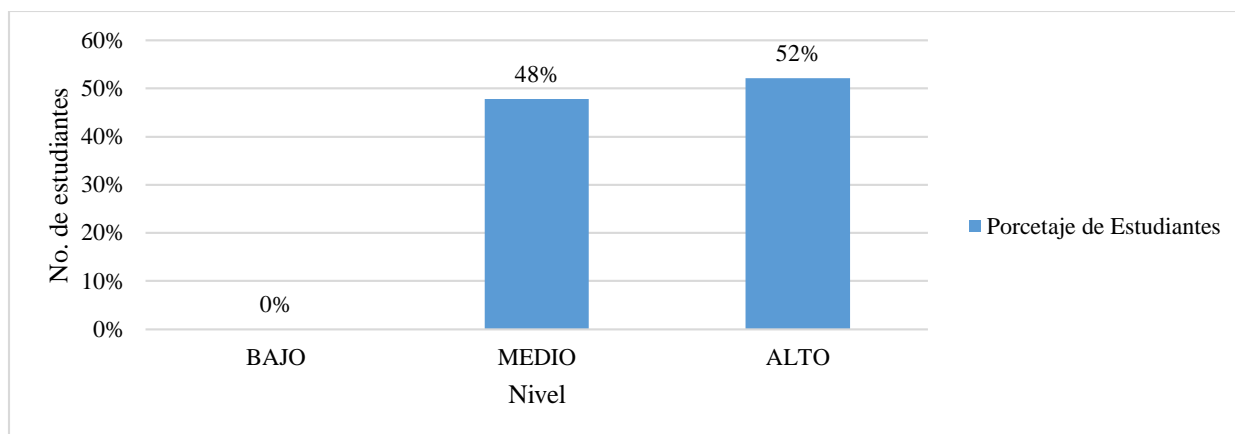


Figura 7-10 Porcentaje de estudiantes según su nivel de modelización en la fase 3.

Los resultados obtenidos en la aplicación de la fase 3 nos lleva a categorizar a los 23 estudiantes en dos niveles: medio y alto como se evidencia en la gráfica.

En los resultados obtenidos el 48% de la población se encuentra un nivel de modelización medio representado en los estudiantes E5, E6, E9, E10, E11, E12, E16, E17, E18, E19, E20 Y E21; puesto que fueron capaces de incorporar en sus modelos expresados de 10 a 16 entidades de las 18 abordadas en la fase 3 de la unidad didáctica implementada. Mencionado nivel se puede evidenciar en los resultados obtenidos por el E3 registrados en la tabla.

Tabla 7-24 Análisis de las respuestas obtenidas por el E3 en la fase 3 de la UD

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
<u>1. Paso libre de agua del interior al exterior de la célula.</u>	En los modelos expresados explicativo e icónico- explicativo contruidos por el E3 incorporó en sus modelos las entidades: 1,2,3,4,6,7,8,9,10,11, 12, 13, 15 y 16; es decir 14 entidades de las 18 valorada, lo cual permite categorizarlo en un nivel de modelización medio	<p>3.1 Yo lo compararía con la berenjena, porque la berenjena también se deshidrató y se arrugó y en la célula de la berenjena expulsó agua y Raymi también expulsó por los vómitos y la diarrea gran cantidad de agua.</p> <p>3.2 Yo considero que la berenjena porque esta cuando le cayó a la célula, esta botó agua.</p> <p>3.3 Antes - hidratada → Después deshidratada → Célula arrugada</p>
<u>2. Presencia de poros en la membrana celular.</u>		
<u>3. Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular</u>	Las entidades 1 y 4 están presentes en el modelo construido a partir de la act. 3.3 donde el estudiante representa una célula arrugada con gotas de	
<u>4. Las células se arrugan- deshidratación de las células</u>		

gastrointestinales de Raymi.

5. Mayor concentración de sal en el exterior celular.

6. Menor concentración de agua en el interior celular

7. Paso libre de agua del interior al exterior de la célula o viceversa.

8. Presencia de poros en la membrana celular.

9. Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular.

10. Presencia de cabezas hidrofílicas en la membrana celular que permiten el paso de agua

11. Presencia de colas hidrofóbicas en la membrana celular que rechazan el paso de agua.

12. El proceso de ósmosis termina cuando se igualan las concentraciones de solutos por medio del paso de agua.

13. Las células se arrugan – deshidratación de las células gastrointestinales de Raymi.

14. Mayor concentración de solutos (iones de sodio, potasio, calcio en el exterior celular) electrolitos.

agua que fluyen de adentro hacia afuera.

Las entidades 2, 3, 8, 9 y 10 están incluidas en el modelo icónico explicativo construido a partir de la act. 6.1 en donde el estudiante representa con color azul la molécula de fosfolípido resaltando en ellas las cabezas hidrofílicas de la membrana siendo evidente los espacios entre molécula y molécula formando poros en la estructura celular modelizada que permiten el paso de agua.

La entidad 6 la incluye en los modelos explicativos generados por la act. 3.1 y 3.2 donde el E3 afirma que la célula expulsa y bota agua.

La entidad 7 es incorporada en el modelo explicativo generado por la act. 4.1 donde el estudiante argumenta que la hidratación de las células de Raymi se da por la ósmosis ya que en este proceso se busca un equilibrio hídrico.

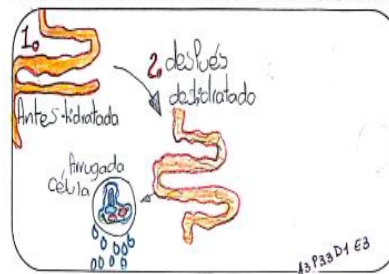
La entidad 11 se incorpora en el modelo de la act. 6.1, en dicho modelo expresado el estudiante representa con color verde las colas hidrofóbicas de la molécula de fosfolípido que constituyen a la membrana celular.

La entidad 12 es vinculada en el argumento expuesto en el modelo generado a partir de la act. 5.1 cuando el estudiante afirma que el proceso de ósmosis siempre se da el paso de agua mediado por la presencia de solutos que en este caso lo asocia con los medicamentos suministrados al paciente para el proceso de hidratación celular.

La entidad 13 y 15 está representada en el modelo icónico- explicativo construido a

Dibujo: A3P3.3D1E3

3.3. Representa por medio de un esquema o dibujo lo que crees que ocurrió en las células gastrointestinales de Raymi, después de perder gran cantidad de agua y electrolitos.



4.1 El proceso que permitió que la célula se volviera a hidratar fue la ósmosis, porque este proceso la célula intenta buscar un equilibrio hídrico, el caso de los que vimos el que yo considero que es parecido al de la lechuga que absorbieron el agua y se hidrataron.

5.1 El tema abordado es la ósmosis, lo que yo concluí fue que en el proceso de la ósmosis siempre se va a dar el paso libre de agua como le pasó a Raymi, a veces gana o pierde mucha agua como los frijoles, la lechuga y la berenjena. En el caso de la lechuga perdió agua y luego se hidrató como lo que le pasó a Raymi que perdió agua por los vómitos y a la diarrea y luego con los medicamentos se hidrató. La berenjena perdió agua y los frijoles ganaron mucha agua.

6.1 Tratamiento de rehidratación a nivel celular. Cuando comenzó: (membrana celular, cabeza hidrofílica) Esta agua pasa por medio de la cabeza hidrofílica, ya que por medio de las cabezas hidrofílicas queda un espacio por donde cabe la molécula de agua. Cuando el agua llega a la célula esta se hidrata para conseguir un equilibrio hídrico y se recupera.

15. Menor concentración de solvente (agua) en el interior de la célula.

partir de la act. 3.3 donde está modelizado las células gastrointestinales de Raymi arrugadas perdiendo agua.

16. Las células se hinchan- hidratación de las células gastrointestinales de Raymi.

La entidad 16 es incorporada en el modelo expresado de la act. 6.1, en él se visualiza todo el proceso de hidratación celular, culminando con la representación de una célula con forma definida en la que la estructura de la membrana es rígida y de color azul.

17. Menor concentración de solutos disueltos en el exterior de la célula.

18. Mayor concentración de solvente (agua) en el exterior de la célula.

Ver dibujo: A3P6.1D2E3



____. Entidades incluidas en el modelo expresado por el estudiante.

De igual manera, el 52% de los estudiantes representado en 12 estudiantes (E5, E6, E9, E10, E11, E12, E16, E17, E18, E19, E20 Y E23) construyeron modelos icónicos, explicativos e icónico - explicativos de nivel alto dado que fueron capaces de incorporar en sus modelos expresados de 17 a 18 entidades valoradas en la fase 3. El mencionado nivel de los modelos creados por los estudiantes en la fase 3, se puede observar en el registro de las respuestas del E20, detalladas en la tabla.

Tabla 7-25 Análisis de las respuestas obtenidas por el E20 en la fase 3 de la U.D

Entidad (Criterio de análisis)	Análisis de los modelos expresados	Datos
1. Paso libre de agua del interior al exterior de la célula.	En los modelos expresado explicativo e icónico- explicativo construidos por el E20, incorporó en sus modelos las entidades:	3.1 Con la actividad de la berenjena, porque también se presentó una deshidratación hipertónica porque el medio en el que se encontraba la berenjena había más soluto que solvente (agua)
2. Presencia de poros en la membrana celular.	1,2,4,5,6,7,8,9,10,11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18; es decir 17 entidades de las 18 valorada, lo cual permite categorizarlo en un nivel de modelización alto	3.2 Con la actividad 1, porque allí a nivel celular las células se deshidrataron al expulsar altas cantidades de agua. Las células gastrointestinales de Raymi expulsaron mucha agua al vomitar y excretar
3. Presencia de moléculas de		

fosfolípidos en la membrana celular

4. Las células se arrugan- deshidratación de las células gastrointestinales de Raymi.

5. Mayor concentración de sal en el exterior celular.

6. Menor concentración de agua en el interior celular

7. Paso libre de agua del interior al exterior de la célula o viceversa.

8. Presencia de poros en la membrana celular.

9. Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular.

10. Presencia de cabezas hidrofílicas en la membrana celular que permiten el paso de agua

11. Presencia de colas hidrofóbicas en la membrana celular que rechazan el paso de agua.

12. El proceso de ósmosis termina cuando se igualan las concentraciones de solutos por

La entidad 1 está incorporada en el modelo expresado de la act. 3.2 donde el estudiante en su explicación afirma que las células expulsan gran cantidad de agua

La entidad 2 y 4 es visible en el modelo construido a partir de la actividad 3.3 en la que el estudiante representa los poros de la membrana con puntos que permiten el paso de agua del interior al exterior de la célula terminando su representación con una célula arrugada y deshidratada.

La entidad 5 y 6 está incluida en el modelo explicativo de la actividad 3.1 donde se afirma la presencia de mayor cantidad de solutos en el medio extracelular y menor solvente (agua)

La entidad 7 es incorporada en el modelo explicativo generado por la act. 4.1 donde el estudiante argumenta que la hidratación de las células de Raymi se da por el proceso de ósmosis en el que semánticamente asocia el movimiento de solutos y solvente con la ingesta de suero y líquidos para alcanzar el equilibrio hídrico.

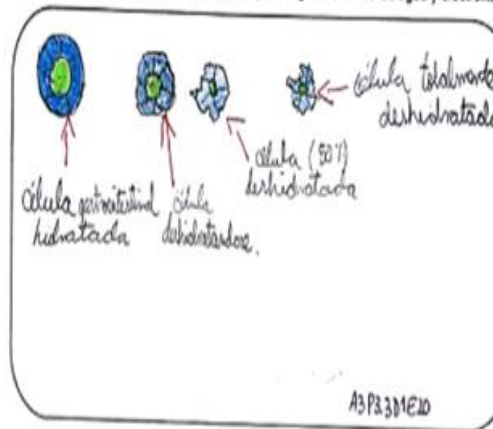
La entidad 8 ,9 y 10 están incorporadas en el modelo expresado de la actividad 6.1 en el que se observan espacios entre las moléculas de fosfolípidos representadas con círculos de color verde que permiten el ingreso de agua del medio extracelular al medio intracelular.

La entidad 11 se incorpora en el modelo de la act 6.1, en

con mucha frecuencia, estas quedaron arrugadas y pequeñas.

3.3 Célula gastrointestinal hidratada → Célula deshidratándose → Célula deshidratada en un 50% →. Dibujo: A3P3.3D1E20

3.3. Representa por medio de un esquema o dibujo lo que crees que ocurrió en las células gastrointestinales de Raymi, después de perder gran cantidad de agua y electrolitos



4.1 Las células de Raymi se hidrataron mediante el proceso de ósmosis, ya que con ayuda de la ingesta de suero y líquidos se pudo alcanzar el equilibrio hídrico. El mecanismo de hidratación en las células de Raymi es semejante al que observamos en la actividad de la lechuga porque ambos estaban deshidratados y luego se hidrataron gracias al agua.

5.1 En el interior de las células de Raymi primero ocurrió una deshidratación hipertónica al igual que en las berenjenas que se arrugaron por la pérdida libre de agua a través de la membrana celular. Luego las células de Raymi se rehidrataron gracias a los medicamentos que ingirió, al igual que el agua rehidrató a la lechuga marchita. Luego de esto llegué a la conclusión de que el proceso de ósmosis permite el equilibrio hídrico y de electrolitos entre el medio exterior e interior.

6.1 Proceso de hidratación celular(Raymi)→La célula está arrugada y deshidratada →Gracias al agua y electrolitos la célula se está hidratando→ La célula ya no se encuentra hidratada, solo debe aumentar

medio del paso de agua.

13. Las células se arrugan – deshidratación de las células gastrointestinales de Raymi.

14. Mayor concentración de solutos (iones de sodio, potasio, calcio en el exterior celular) electrolitos.

15. Menor concentración de solvente (agua) en el interior de la célula.

16. Las células se hinchan- hidratación de las células gastrointestinales de Raymi.

17. Menor concentración de solutos disueltos en el exterior de la célula.

18. Mayor concentración de solvente (agua) en el exterior de la célula.

dicho modelo expresado el estudiante representa con lápiz negro las colas hidrofóbicas de la molécula de fosfolípido que constituyen a la membrana celular.

La entidad 12 es vinculada en el argumento expuesto en el modelo generado a partir de la act. 5.1 cuando el estudiante concluye que el proceso de ósmosis permite el equilibrio hídrico y de electrolitos entre el medio exterior e interior.

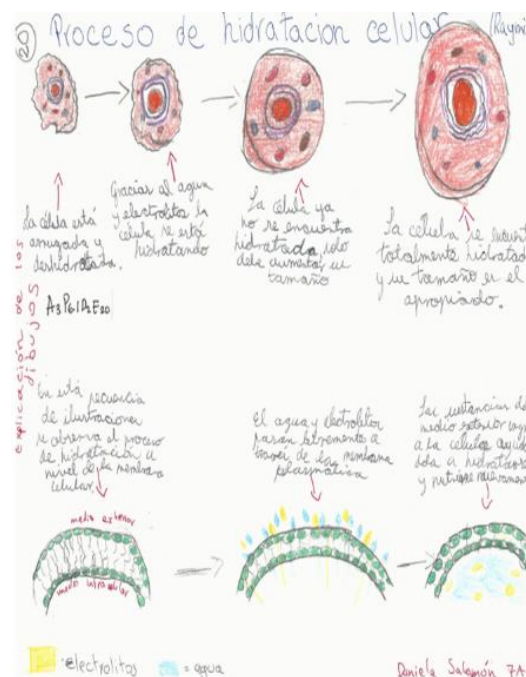
La entidad 13 está incorporada en el modelo explicativo de la actividad 5.1 el que el estudiante afirma que ocurrió una deshidratación hipertónica al igual que en las berenjenas que se arrugaron por la pérdida libre de agua a través de la membrana celular.

La entidad 14 y 15 están incluida en el modelo generado por la actividad 5.1 donde el estudiante asocia la mayor concentración de solutos en el exterior celular y la ingesta de los mismo con la rehidratación gracias a los medicamentos que ingirió, ocasionado por la pérdida de agua.

La entidad 16 es incorporada en el modelo expresado de la act, 6.1, en él se visualiza todo el proceso de hidratación celular, culminando con la representación de una célula con forma definida en la que la estructura de la membrana es rígida, con forma definida y de color rojo.

La entidad 17 se hace presente en el modelo de la act. 6.1 donde es detallado a través de flecha la presencia de

su tamaño → La célula se encuentra totalmente hidratada y su tamaño es apropiado → En esta secuencia de ilustraciones se observa el proceso de hidratación a nivel de la membrana celular → El agua y electrolitos pasan libremente a través de la membrana plasmática. → Las sustancias del medio exterior ingresan a la célula ayudándola a hidratarse y nutrirse nuevamente.



electrolitos en el proceso de hidratación de las células de Raymi en un medio hipotónico.

La presencia de la entidad 18 es explícita en el argumento expuesto por el estudiante en el modelo de la actividad 6.1 donde afirma que → El agua y electrolitos pasan libremente a través de la membrana plasmática. → Las sustancias del medio exterior ingresan a la célula ayudándola a hidratarse y nutrirse nuevamente

____. Entidades incluidas en el modelo expresado por el estudiante.

7.10 Progresión de los modelos

Después de la intervención didáctica realizada a través del presente trabajo de investigación acción, se reconoce la construcción de los modelos expresados tipo icónico – explicativos lo más parecido o similar al MCE de ósmosis propuesto. Los resultados obtenidos permiten inferir que los modelos de los estudiantes evolucionaron y mejoraron junto con el uso del lenguaje especializado frente al fenómeno estudiado, representando con propiedad y de manera explícita las entidades abordadas a través de la modelización. Dentro de los aspectos más destacados al comparar los modelos parciales 1 y 2 con el modelo final cabe destacar que hubo progresión de modo que el porcentaje del nivel bajo 4.4% obtenido en la fase 1 desapareció en los resultados obtenidos en las fases 2 macroscópica y en la fase 3 de la unidad didáctica implementada. Se hace necesario destacar que los aspectos y las entidades abordadas en cada fase aumentaron y fueron abordadas con mayor grado de complejidad incluyendo más aspectos y por ende más entidades.

Del mismo modo el porcentaje del nivel medio 13 % obtenido en la fase 1 se incrementó a un 61% y un 91% en la fase 2 microscópica y macroscópica respectivamente. Por otro lado,

aunque el porcentaje del nivel medio decreció en la fase 3, el nivel bajo sigue ausente y el alto aumentó de un 9% en la fase 2 microscópica a un 52% progresivamente dado que los aspectos del MCE de ósmosis se abordaron con mayor complejidad abarcando 18 entidades posibles en la última fase de la unidad didáctica, todas ellas relacionadas con el fenómeno estudiado. Lo anterior se puede evidenciar en la tabla.

Tabla 7-26 Porcentaje de los niveles alcanzados en los modelos expresados en las tres fases

MODELOS EXPRESADOS	PORCENTAJE DE LOS NIVELES DE LOS MODELOS EXPRESADOS		
	% BAJO	% MEDIO	% ALTO
FASE 1	4 %	13%	83%
FASE 2 MICROSCÓPICA	9 %	61%	30%
FASE 2 MACROSCÓPICA	0%	91 %	9%
FASE 3	0%	48%	52%

Asimismo, en los estudiantes se han encontrado momentos en los que sus modelos han sufrido modificaciones a través del desarrollo de los aspectos de la indagación trabajados en la unidad didáctica implementada. A continuación, se mostrarán la progresión de los modelos de los estudiantes de séptimo grado en las diferentes fases.

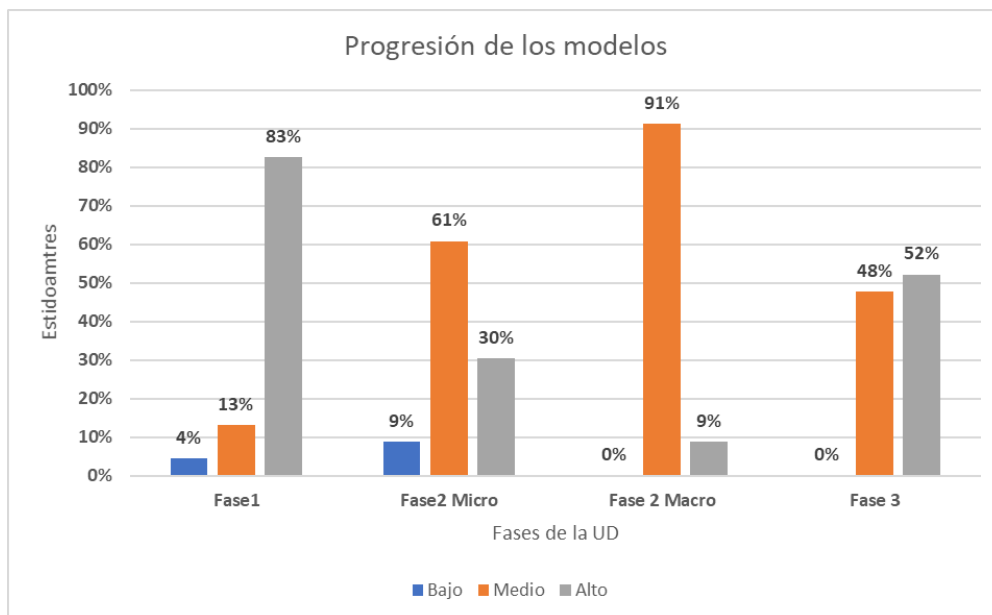


Figura 7-11 Progresión de los modelos expresados por fases.

A continuación, se representa uno de los momentos más significativo durante la intervención didáctica implementada, para abordar el MCE de ósmosis propuesto.

En el primer modelo que se evidencia en la tabla se están valorando 8 entidades para abordar aspectos que no implican alto grado de complejidad y que son perceptibles y de fácil predicción. Lo cual le permitió al E9 representarlas e identificarlas en su totalidad. No obstante, después de la implementación de las fases 2 Micro y Macro el estudiante desciende al nivel medio en la fase 2 micro, pero aumenta al nivel alto en las fases 2 macro y en la fase 3 pese a que en las siguientes fases las entidades aumentan y el grado de complejidad de las actividades ejecutadas es mayor en comparación de la inicial. Dicha situación se hace perceptible en las siguientes tablas dado que su modelo final icónico explicativo es lo más similar posible al MCE de ósmosis propuesto.

Tabla 7-27 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 1

Nº E	Transcripción del dato	Modelo expresado	Nivel del modelo
------	------------------------	------------------	------------------

E9

2.2 La sal se empezó a disolver y la berenjena empezó a secretar mucha agua, es como si la berenjena estuviera absorbiendo la sal; mientras más tiempo pasa hay menos sal y mucha más agua, también salió mucha agua por debajo de la berenjena. Yo pienso que con la sal la berenjena se deshidrata y pierde mucha agua. En los espacios el agua se acumula en un charco y toda la berenjena está húmeda.

3.2 Para fluir hacía el plato, el agua debe atravesar la membrana celular de las células de la berenjena (y la pared celular)

5.1 Se le agrega sal a la berenjena. La célula excreta agua para poder disolver la sal y se deshidrata. La sal se disuelve en la caja de Petri con el agua.

7.1 Imagen de una célula vegetal en la que se identifican organelos celulares: vacuola y agua que sale de la célula.

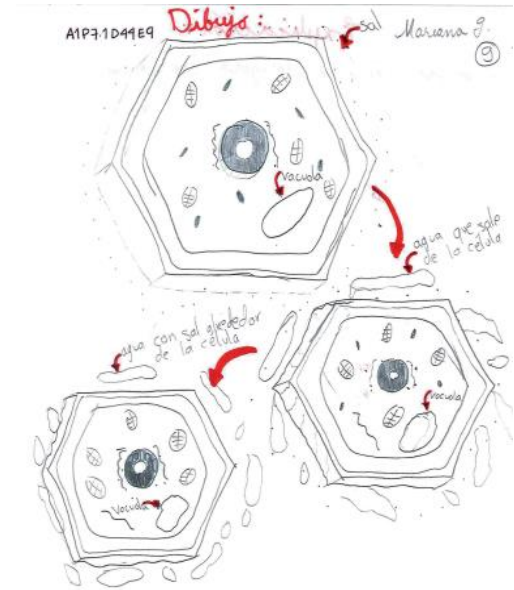
7.2 Yo creo que no siempre ocurre lo mismo en todas las células, es decir, que no todas las células se deshidratan al agregarles sal, porque algunas no excretan tanta agua y no se deshidratan tanto

Dibujo: A1P5.1D2E9



MODELO ICÓNICO- EXPLICATIVO0

Dibujo: A1P7.1D3E9



ALTO

MODELO ICÓNICO- EXPLICATIVO

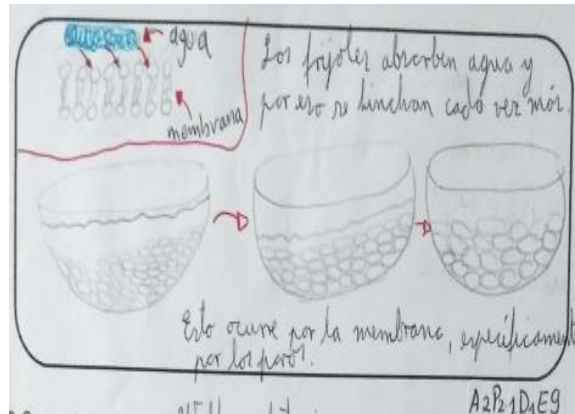
Tabla 0-28 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 2 micro

NºE	TRANSCRIPCIÓN DEL DATO	MODELO EXPRESADO	NIVEL DEL MODELO
E9	2.1 → Agua → Membrana Los frijoles absorben agua y por eso se hinchan cada vez más. Esto ocurre por la membrana,	Dibujo: A2P2.1D1E9	MEDIO

específicamente por los poros.

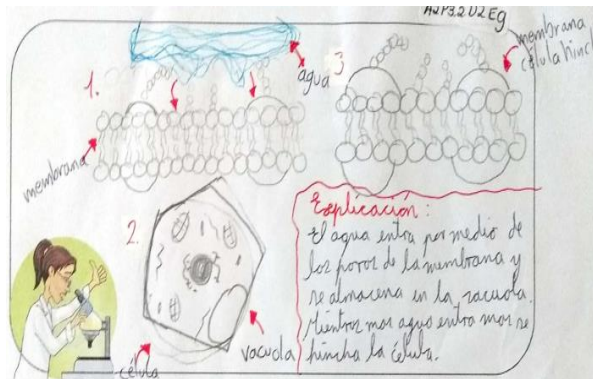
3.1 Yo creo que cuando los frijoles están en remojo el agua entra por la membrana celular específicamente por los poros celulares de la célula.

3.2 El agua entra por medio de los poros de la membrana y se almacena en la vacuola mientras más agua entra más se hincha la célula.



MODELO ICÓNICO- EXPLICATIVO

Dibujo: A2P3.2D2E9



MODELO ICÓNICO- EXPLICATIVO

Tabla 7-29 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 2 macro


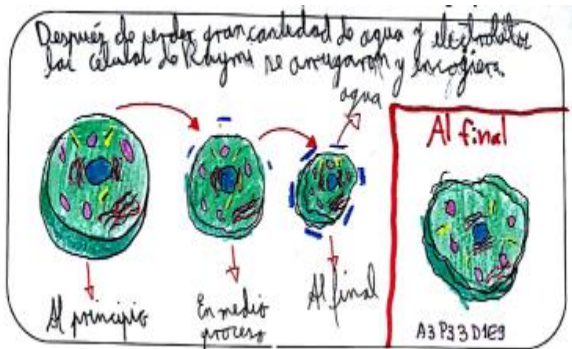
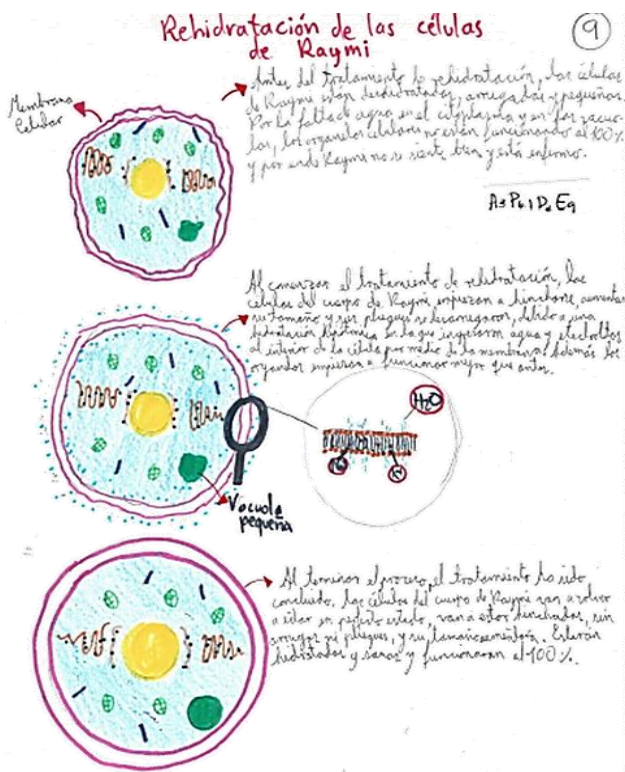
NºE	TRANSCRIPCIÓN DEL DATO	MODELO EXPRESADO	NIVEL DEL MODELO
E9	<p>4.1 Yo creo que al sumergir las lechugas en agua van a absorberla y se van a hidratar, ya que estaban deshidratados. Esto se puede saber porque estaban marchita y al absorber agua van a regresar a su forma inicial.</p>	<p>Ver Imagen A2P5.2D3E9</p>	
	<p>4.2 Porque si antes de ponerlas en agua están marchitas y después no se puede inferir que el agua las hidrata y no las deja marchitas.</p>		ALTO
	<p>5.2 La célula está arrugada porque está deshidratada y en efecto la lechuga está marchita. Entra agua a la célula por medio de la membrana. Ya que tiene agua, la célula está hinchada porque está hidratada y así se refleja en la lechuga.</p>	<p>MODELO ICÓNICO EXPLICATIVO</p>	
	<p>Ver Imagen A2P5.2D3E9</p>		

Tabla 7-30 Progresión del modelo expresado por el E9 en la fase 3

NºE	TRANSCRIPCIÓN DE DATO	MODELO EXPRESADO	NIVEL DEL MODELO
	<p>3.1 Se podría comparar con la actividad realizada por la berenjena porque tanto las células de Raymi como las de la berenjena sufrieran una deshidratación hipertónica debido a que perdieran una gran cantidad de agua por diferentes motivos que se originaron por la ingesta o entrada de algún elemento.</p>	 <p>MODELO ICÓNICO- EXPLICATIVO</p>	
E9	<p>3.2 Con la experimentación de la actividad 1 (de las berenjenas) puedo representar el proceso de la deshidratación a nivel celular porque tanto en las células de la berenjena y en las de Raymi hubo una deshidratación hipertónica por la pérdida de agua y en ambos casos las células se arrugaron.</p> <p>3.3 Dibujo: A3P3.3D1E9</p> <p>4.1 Los trabajos que se asemejan lo ocurrido con las células de Raymi son los experimentos que hicimos con la lechuga y los frijoles, porque en este experimento se dio el proceso de ósmosis, ya que al</p>	 <p>MODELO ICÓNICO - EXPLICATIVO</p>	ALTO

ingresar agua a las células se hidrataron de manera hipotónica, aumentando su tamaño y dejando de tener una deshidratación hipertónica y esto ocurrió también en las células de Raymi.

5.1 Mis conclusiones frente al tema son que:

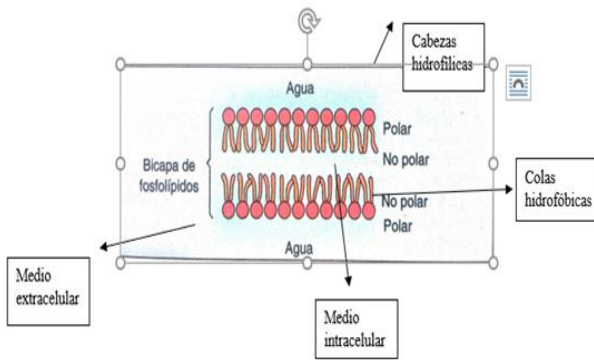
en las células se dan muchos procesos, uno de ellos es el proceso de ósmosis, mediante el cual, la célula puede hidratarse o deshidratarse y mantener un equilibrio hídrico.

Cuando la célula se hidrata, se hinchan y aumentan su tamaño y si se presenta en un medio hipotónico podría explotar.

Cuando la célula se deshidrata, se arruga y disminuye su tamaño. En las células de Raymi, primero se presentó una deshidratación hipertónica como lo que ocurrió con las lechugas y los frijoles.

En conclusión, podemos comprobar que lo ocurrido en las células de Raymi y en las células de los alimentos fue el proceso de ósmosis, el cual representa el paso libre de agua de un medio externo a uno interno o viceversa.

6.1 Rehidratación de las células de Raymi:



M.C.E de ósmosis propuesto

membrana celular.
Antes del tratamiento
de rehidratación, las
células de Raymi están
deshidratadas,
arrugadas y pequeñas.
Por falta de agua en el
citoplasma y en las
vacuolas, los
organelos celulares no
están funcionando al
100% y por ende
Raymi no se siente
bien y está enfermo. Al
comenzar el
tratamiento de
rehidratación, las
células del cuerpo de
Raymi empiezan a
hincharse, aumentan
su tamaño y sus
pliegues se
desarrugan, debido a
una hidratación
hipotónica en la que
ingresaron agua y
electrolitos al interior
de la célula por medio
de la membrana.
Además, los organelos
empiezan a funcionar
mejor que antes. Al
terminar el proceso, el
tratamiento ha sido
concluido, las células
del cuerpo de Raymi
van a volver a estar en
perfecto estado, van a
estar hinchadas, sin
arrugas ni pliegues y
su tamaño aumentará.
Estarán hidratadas y
sanas y funcionarán al
100%. Ver imagen
A3P6.1D2E9

En el análisis de los modelos generados se puede establecer claramente que, durante la intervención didáctica, se dio una progresión y evolución en los modelos expresados por los estudiantes dado que mejoraron y ampliaron la utilización del lenguaje científico para dar explicaciones y referirse al proceso de ósmosis y a la composición de la membrana celular. Por ejemplo, ya no se refieren a la deshidratación de las células con el término “soltó agua”. Reconocen a la deshidratación como una consecuencia del medio extracelular en el que se encuentra la célula; al igual que reconocen que la estructura que permite el movimiento de la molécula de agua es la membrana celular, la cual está constituida por moléculas de fosfolípidos que contiene dos partes (una cabeza hidrofílica y dos colas hidrofóbicas) Dicha situación es verificable en las siguientes respuestas.

Respuesta de estudiante en el modelo parcial 1: *Pude observar que al principio que la berenjena se estaba empezando a oxidar. Luego, pude ver cómo la berenjena saltaba agua, y la berenjena absorbió la sal. En conclusión, cuando agregamos la sal, las rodajas de berenjena se marchito y empezó a soltar agua.*

Respuesta en el modelo final:

Se podría comparar con la actividad realizada por la berenjena porque tanto las células de Raymi como las de la berenjena sufrieron una deshidratación hipertónica debido a que perdieron una gran cantidad de agua por diferentes motivos que se originaron por la ingesta o entrada de algún elemento. Con la experimentación de la actividad 1 (de las berenjenas) puedo representar el proceso de la deshidratación a nivel celular porque tanto en las células de la berenjena y en las de Raymi hubo una deshidratación hipertónica por la pérdida de agua y en ambos casos las células se arrugaron.

A manera de síntesis, las respuestas de los estudiantes en las diferentes actividades de las fases aplicadas se enmarcan en los aspectos trabajados de la unidad didáctica en torno al proceso de ósmosis. En ellas los estudiantes se refieren de forma explícita al proceso de ósmosis en los diferentes medios al igual que a la constitución de la membrana celular. Concluyen que el tema central de la unidad didáctica implementada es el proceso de ósmosis el cual lo definen como el mecanismo de transporte que permite el paso de agua de una región de mayor concentración a una de menor concentración o viceversa a través de una bicapa lipídica estableciendo analogías con lo sucedido en la experiencia realizada con las lechugas en la fase 2 y las situaciones hipotéticas planteadas en la fase 1, 2 y 3.

Conclusiones

Desde el marco teórico y metodológico que se diseñó e implementó se identificaron en 23 estudiantes de séptimo grado tres tipos de modelos escolares expresados de ósmosis: modelos icónicos, modelos explicativos y modelos icónicos- explicativos. Para la fundamentación, guía, elaboración y categorización de estos modelos, se hizo necesario la construcción de un modelo científico escolar de ósmosis, que se convirtió en el derrotero de la investigación. El cual, posibilitó la identificación y delimitación de las entidades o aspectos de carácter macro y microscópico de la membrana celular y el transporte de sustancias. En la elaboración de este modelo, se realizó una consulta de los modelos eruditos y a partir de ellos, se determinaron los aspectos a estudiar en esta investigación y los fundamentales para los estudiantes de séptimos grado. Este modelo científico escolar, fue validado por expertos locales, nacionales e internacionales, por lo cual es un aporte a la didáctica de las ciencias.

Del análisis de los datos recogidos después de la implementación de la unidad didáctica se concluye que la indagación como actividad científica escolar favoreció la construcción y progresión gradual del MCE de ósmosis iniciales hacia modelos más complejos que incluyeron en su gran mayoría todos los aspectos y entidades del fenómeno estudiado, puesto que la indagación le permitió a los estudiantes ser protagonistas en la construcción de conocimiento, actuando y pensando como auténticos científicos en el aula, esto gracias a las habilidades de observar, predecir hipotetizar, poner a prueba la hipótesis, trabajo en equipo y modelizar; dicha progresión existente en los modelos expresados por los estudiantes tuvo su base en dos acciones claves, los aspectos de la indagación y la modelización como proceso que permitió pensar ,hacer y comunicar.

Asimismo, la investigación permitió determinar que los estudiantes construyeron modelos escolares expresados, los cuales se pudieron categorizar en tres niveles teniendo en cuenta las entidades determinadas para el modelo científico escolar de ósmosis e identificado en los modelos de los estudiantes, permitiéndole a los mismos actuar como científicos escolares desde la mirada de la indagación. Para definir los aspectos de la indagación que llevaron a los estudiantes aprender sobre ciencias, fue necesario un análisis exhaustivo de un amplio marco teórico existente sobre indagación, para definir los aspectos que llevan a los estudiantes a aprender sobre ciencias además de actuar y pensar como científicos escolares. Por lo anterior, las habilidades de observar, predecir, hipotetizar, poner a prueba las hipótesis, el trabajo en equipo y la modelización son los aspectos definidos en esta investigación que facilitan la enseñanza de las ciencias como una autentica actividad científica escolar, dándole relevancia a la modelización de conceptos fundamentales en ciencias, en este caso ósmosis, para lograr un cambio significativo en la forma de llevar la ciencia al aula, dado que los estudiantes aprendieron hacer ciencia a partir de situaciones de su contexto, estableciendo similaridad y transformando sus ideas para construir modelos.

La indagación como auténtica actividad científica escolar genera en los estudiantes una gran motivación, que los involucra en el proceso de su propio aprendizaje a tal punto de actuar como científicos escolares, saliéndose de lo realizado tradicionalmente en las aulas en el momento de enseñar ciencias, siendo así el docente un guía en el proceso y el estudiante el eje central del mismo. Para garantizar lo anteriormente planteado, a través del desarrollo de la unidad didáctica, es posible que el docente observe el progreso del estudiante, a través del cumplimiento de los criterios de análisis propuestos, en el marco teórico y metodológico de la presente investigación. Por consiguiente, cada aspecto de la indagación y cada entidad de la

modelización. definidas y soportadas como referentes de análisis en esta investigación, se, constituyen en un aporte relevante para la didáctica de la ciencia, debido a que estos criterios permitieron realizar un análisis detallado de los datos generados por los estudiantes; convirtiéndose en información de gran utilidad, en el momento necesario para que el docente apoye a los estudiantes mediante oportunas intervenciones que generen discusiones grupales, trabajo entre pares, entre otras formas de compartir lo aprendido. Por tanto, la fundamentación de estos criterios favoreció el desarrollo de los aspectos de la indagación y los modelos propuestos por los estudiantes.

Así mismo, la unidad didáctica diseñada potencializa los aspectos de la indagación con el fin de propiciar la modelización del Modelo Escolar de Ósmosis, en cada una las fases de esta unidad, los estudiantes desarrollaron actividades que fomentan el desarrollo de los aspectos de la indagación (unos predominan más que otros en las diferentes actividades). De esta manera , los estudiantes pueden realizar predicciones, anticipando la ocurrencia del fenómeno, generando hipótesis que luego podrán corroborar en la realidad, basándose en la observación con carga teórica de situaciones contextualizadas cercanas a su entorno, todo lo anterior enmarcado en un trabajo grupal, donde a partir de sus aportes individuales, no solo desarrollan habilidades sociales sino también, habilidades comunicativas, las cuales poseen gran relevancia en el campo de la ciencia escolar.

La unidad didáctica fue potente y bien diseñada, durante su implementación propició el desarrollo de la actividad científica escolar en el aula de clases, dado que les permitió a los estudiantes actuar como científicos escolares, generando en ellos un actuar bajo la indagación y la modelización para la construcción de un conocimiento científico escolar desde situaciones

vivenciales que permitan establecer relaciones de similaridad entre el modelo escolar estudiado y los modelos expresados del concepto de ósmosis.

En este mismo orden de ideas, se puede evocar que la construcción de los modelos de ósmosis realizada por los estudiantes logró gran impacto en el estudio de la ciencia escolar, permitiéndoles aprender de diferentes formas y a diferentes ritmos (Gómez, 2013), estas representaciones icónicas, explicativas e icónicas-explicativas les ayudaron aprender sobre un aspecto curricular como es el concepto de ósmosis. Como lo ha expresado Rosaria Justi, los modelos enuncian la representación de un objeto, un fenómeno, o sistema con el propósito de describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar (Justi, 2006) y fue así como los demostraron los estudiantes en el desarrollo de cada fase de la unidad didáctica, donde elaboraron modelos que fueron evolucionando y progresando a la luz del desarrollo de las entidades establecidas. Considerándose de esta forma que la construcción de modelos es una actividad eficaz “para enganchar a los alumnos en actividades encaminadas a ‘hacer ciencia’, ‘pensar sobre ciencias’ y desarrollar ‘pensamiento científico y crítico’(Justi, 2006).

En los modelos construidos por los estudiantes se evidencia en las tres fases de la unidad didáctica, en la primera fase los modelos realizados atienden a un carácter microscópico, en la segunda y tercera fase de estudia un aspecto macro y microscópico. Estos aspectos permiten desarrollar o estudiar los elementos o unidades operacionales que nos ayudan a pensar, actuar o comunicar como lo son las entidades (Gómez, 2014).

Estos modelos parciales de los estudiantes, resultaron interesantes en la medida que permitieron expresar sus ideas en forma oral o escrita a través del desarrollo de los aspectos de la indagación definidos para esta investigación. Los modelos parciales de acuerdo a sus características, elementos, contenidos y en contraste con el MCE de ósmosis generaron modelos icónicos en los que de manera pictórica los estudiantes relacionaron, vincularon y representaron el fenómeno estudiado desde una óptica macro y microscópica al dibujar la entrada y salida de agua en dos medios, hipotónico e hipertónico, lo anterior se logró al experimentar con la berenjena y la lechuga, al igual que al estudiar la situación problémica de las células de Raymi a partir de las situaciones hipotéticas planteadas en las actividades iniciales de la unidad didáctica.

En este sentido la modelización como propuesta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias optimizó la construcción de modelos o representaciones parciales dinámicas e incompletas que fueron evolucionando progresivamente a través de la implementación de las fases 1, 2 y 3, en la que cada estudiante interactuó con el contexto a partir de situaciones hipotéticas planteadas, obteniendo finalmente modelos icónicos, explicativos o icónicos-explicativos de nivel medio y alto en la última fase de la UD implementada, los cuales incluyeron el mayor número de entidades posibles frente al concepto de ósmosis, desapareciendo en esta última, el nivel bajo de categorización a pesar que abarcó todos los aspectos y entidades del MCE propuesto, garantizando asimismo la apropiación de auténticos aprendizajes en ciencias que se evidencian en la ampliación y uso adecuado de lenguaje científico de los estudiantes al dar explicaciones y hacer intervenciones asertivas frente al fenómeno estudiado, obteniendo como producto final Modelos Escolares de Ósmosis similares al MCE propuesto en el presente trabajo de investigación.

La Unidad Didáctica logra responder a una propuesta motivante e involucrante para el aprendizaje de las ciencias, ajustándose desde su diseño a los nuevos planteamientos de la didáctica de las ciencias a la luz de la indagación y modelización como parte fundamental del desarrollo de auténticas actividades de la ciencia escolar.

Todo lo anterior permite considerar que los modelos realizados por los estudiantes son similares al modelo científico escolar de ósmosis propuesto en la investigación, porque representan los aspectos: transporte de sustancia, composición de la membrana y tonicidad celular, ósmosis en medio hipotónico. Además, los estudiantes fueron capaces de identificar, relacionar y representar el concepto en diferentes situaciones de su contexto, interviniendo en la interpretación de situaciones en las que se hace evidente el fenómeno de transporte de sustancias a nivel celular; como lo hicieron en el caso clínico de Raymi.

Recomendaciones

La presente investigación se convierte en la apertura de futuras investigaciones en didáctica de la ciencia que deseen transformar el aprendizaje de esta disciplina en auténticas prácticas escolares basadas en la indagación como un actuar científico escolar que propicie la modelización por lo cual recomienda:

- Esta investigación hace un aporte a la didáctica de la ciencia, proponiendo algunos aspectos y unidades de análisis dentro de la indagación como ACE.
- Se debe proponer en las aulas de clases actividades que propicien la indagación y la modelización como auténtica ACE
- Evitar los saltos conceptuales desde una óptica micro a una macroscópica y viceversa.

Referencias Bibliográficas

- Acher, A., Arca, M., Sanmartí, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education*. Volume 91, Issue3, pp. 398-418. DOI 10.1002/sce. Recuperado de: <http://gent.uab.cat/neussanmarti/sites/gent.uab.cat.neussanmarti/files/20196 ftp.pdf>
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *TED*, No 36, pp. 63 – 76. ISSN 0121- 3814 impreso. ISSN 2323-0126 Web. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n36/n36a05.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. Izquierdo, M. (2004). *Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales*. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Enseñanza de las Ciencias, número extra, *VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de la Ciencia*, pp. 89-101. Publicaciones Universidad de Valencia / Universidad de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*. Volumen 4 (1), pp. 40-49. ISSN (Versión electrónica): 1850-6666.
- Amador, Y. (2006). *Del modelo del flogisto al modelo de la oxidación una aproximación didáctica a la determinación de modelos mentales en la formación de profesores en química*. Tesis de Maestría en Docencia de la Química, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.

- Anderson, R. (2002). Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry, *Journal of Science Teacher Education*, Volume 13(1), pp. 1-12. México.
- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., y Aragón-Méndez, M. M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de cas. *Revista Científica*, Volumen 32(2), pp. 193-206. Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.12972>.
- Barrow, Ll. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education* (2006) 17:265–278.
- Bevins, S. & Price (2016). Center for Science Education, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK, G. Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, Volume 38(1), pp. 17-19.
- Bravo, A., Cutrera, G., Drewes, A., Galagovsky, L., Arriazu, F., Schnek, A., Soba, A., (2008). *¿Qué tienen de “naturales” las ciencias naturales?*, Editorial Biblos Buenos Aires, Argentina.
- Bravo, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López D., Jiménez, M., Izquierdo, M., Sanmartí, N., (2011). Las Ciencias Naturales en Educación Básica: Formación de ciudadanía para el siglo XXI. *Secretaría de Educación Pública, Universidad Pedagógica Nacional*. México. Recuperado de: http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibroAgustin.pdf
- Brown, J. S., A. Collins y P. Duguid. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, Volume 18, pp. 32-42. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/271528941>

- Buck, L. B., Bretz, S. L. & Towns, M. H., (2008). Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory, *Journal of College Science Teaching*, Volume 38(4), pp. 52-56.
- Bugueño. H (2016). *La indagación científica: una estrategia para aprender colaborativamente ciencias naturales en la educación primaria*. Tesis Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de Alcalá
- Bybee R.W. (2006) Scientific Inquiry And Science Teaching. In: Flick L.B., Lederman N.G. (eds) Scientific Inquiry and Nature of Science. *Science & Technology Education Library*, vol 25. Springer, Dordrecht
- Caamaño, Aureli. (2013). Hacer unidades didácticas: una tarea fundamental en la planificación de las clases de ciencias. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Alambique. pp. 5-11.
- Cerda- Gutierrez Hugo. (2002). *El proyecto de Aula*. Editorial Mesa Redonda. Magisterio. Bogotá.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. Facultad de Química Universidad Nacional Autónoma de México. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7(1), pp. 26-41
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *Ponencia de los XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Huelva.
- Colmenares, A. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, Vol. 3, No. 1, 102-115 ISSN: 2215-8421. Caracas, Venezuela.
- Curtis, B. (2000). *Invitación a la Biología*. Sexta Edición. Madrid, España. Panamericana.

- Darnell, J., Lodish, ., Baltimore, D., *Biología celular y molecular*. Editorial Scientific American Medicine.US. 1990
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method, *Scienc*, Vol. 31, pp. 121–127
- Díaco, Pamela S. (2017) *El diseño de Unidades Didácticas sobre el Modelo de Evolución Darwiniana en la formación en Didáctica de las Ciencias Naturales del profesorado de Biología*. Universidad Nacional de Río Negro, sede Alto Valle.
- Diéguez, A., (2005). *Filosofía de la ciencia*. Madrid, pp. 39-58. España: Biblioteca Nueva
- Domènech Casal, J. (2014). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 12(1), pp. 186-197.
Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2910>
- Edwuard, J., Arthur, H., (2011). *Tratado de fisiología médica*. Editorial Barcelona.
- Eizaguirre, M. & Zabala, N. (s. f.). *Investigación-Acción Participativa*. Diccionario de Acción Humanitaria y Cooperación al Desarrollo. Disponible:
<http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/132>
- Elliot, J. (2000). *La investigación Acción en Educación*. Cuarta Edición. Morata.
- French, D. y Russell, C. (2002). Do graduate teaching assistants benefit from teaching inquiry-based laboratories, *Journal Bioscience*, volume 52(11), pp. 1036-1041.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, volumen 19 (2), pp. 231-242
- García, M. (s.f), *Los modelos como organizadores del currículo en biología*. Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Gallego, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. Grupo de Investigación Representaciones y Conceptos Científicos, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, N° 3, pp. 301-319.
- Garritz, A., Labastida, D., Espinosa, S. (2009). El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento de captura. *X Congreso Nacional De Investigación Educativa*. Área 5: educación y conocimientos disciplinares. Recuperado de: http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_05/ponencias/0411-F.pdf
- Garritz, A (2010). *Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Giere, R.N. Magnani, L., Nersessian, N.J. y Thagard, P. (1999). Using Models to Represent Reality. *Journal Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, pp. 41-57. Springer, Boston, MA
- Godoy, O. (2018). Modelos y Modelización en ciencias una alternativa didáctica para los profesores para la enseñanza de las ciencias en el aula. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*. Numero Extraordinario. ISSN impreso: 0121-3814, ISSN web: 2323-0126.
- Geoffrey, C. Hausman, R. (2010). *La célula*. Quinta edición. Marban. USA.
- González, W. J., (2010). *La Predicción Científica. - Concepciones filosófico-metodológicas desde H. Reichenbach a N. Rescher*, Ed. Montesinos, España.
- Gómez, A. (2006). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 73-83.

- Gómez, A. (2013). Explicaciones narrativas integradas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, Volumen 31 (1), pp 11-28. Apodaca, Nuevo León, México.
- Gómez, A. (2014). *El uso de representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Monterrey, México.
- Hernández, S. R., Baptista, L. P., & Fernández, C. C. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Izquierdo- Mercè, Sanmartí- Neus y Espinet –Mariona. (s.f). *Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales*. Departamento de didáctica de las ciencias y de las matemáticas. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, M. R. Y Sanmartí, N. (1999a). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. ICE. Barcelona.
- Izquierdo, M. Sanmartí, N y Espinet, M, (1999b) Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Volumen 17 (1), pp. 45-59.
- Izquierdo, M. y Sanmartí, N (2003). Ferciència a través del llenguatge. *Apredre ciènfies tot a prenent a esciure ciències*. Ediccions 62, pp. 9-28. Barcelona.
- Izquierdo, M, Bonil, J, Pujol, R y Espinet, M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Revista investigación en la Escuela*, Volumen 53, pp. 21-29.
- Izquierdo, M. (2004). Un Nuevo Enfoque de la Enseñanza de la Química: Contextualizar y Modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, Volume 92(4-6), pp. 115-136.

- Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la enseñanza de las “ciencias para todos” (ESO, nivel secundario). *Bio-Grafía: Escritos Sobre La Biología Y Su Enseñanza*, Volumen 7(13), pp. 69–85.
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*. Volumen 23(1), pp. 111–122. Recuperado de:
<https://core.ac.uk/download/pdf/38990162.pdf>
- Izquierdo, M., García, A., Quintanilla, M., Adúriz, A. (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Ed. UD. Bogotá, Colombia: Ed. UD
- Jorba, J., Sanmartí, N., (1994). *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continua. Propuesta didáctica para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación y Cultura. Barcelona.
- Justi, G. (1998). *A Cause of Ahistorical Science Teaching: Use of Hybrid Models*. Departamento de Química icex, Universidade Federal de Minas Gerais, Pampulha, Belo Horizonte, Brazil.
- Justi, Rosária. (2006). *La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos*. Departamento de Química y Programa de Postgrado en Educación de la Facultad de Educación. Universidad Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Brasil. Investigación didáctica.
- Khan, Samia (2007)., *Model-Based Inquiries in Chemistry*, Department of Curriculum Studies, Faculty of Education, University of British Columbia, Vancouver, Canada. Science Education, 91, 877–905,.

- Kemmis, S., & MacTaggart, R. (1992). *Cómo planificar la investigación - acción*. Barcelona: Laertes.
- López, A. Tamayo, O. (2018). Modelización multidimensional desde un enfoque artefactual: aportes al aprendizaje de la evolución biológica de las especies. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*. Numero Extraordinario. ISSN impreso: 0121-3814, ISSN web: 2323-0126.
- Lemke, J., García, A. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Lozano, E. (2015). *Diseño, implementación y evaluación de U.D. para la enseñanza de modelos de membrana celular*. Tesis de Doctorado. Doctorado en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Mención en Biología. Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Comahue.
- Lozano, E. Bahamonde, N. Adúriz-Bravo. (2016). Análisis histórico- epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de las ciencias al profesorado. *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo, volumen 11, n. 1, pp. 49-68.
- Mader, Silva. (2003). *Biología*. Séptima Edición. Colombia. Mc Graw Hill.
- Martínez, M. (2009). *Ciencia y arte en la metodología cualitativa*. México: Trillas.
- Martin-Hansen, L. (2002), Defining Inquiry. *Journal The Science Teacher*, Volume 69(2), pp. 34-37.
- Merino, C., Gómez, A., Bravo, A., (2008). Áreas y estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Colección: Formación en investigación para profesores*. Volumen I. Barcelona, España:
- Merino, C., Arellano, M., Adúriz-Bravo, A (Eds.) *Avances en didáctica de la química: modelos y lenguaje*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Impreso en Valparaíso, Chile.

Ministerio de Educación Nacional- MEN-. (1998). Serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Disponible en:

https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Moraga, S. (2013). *Modelización del “Cambio Químico” en el ámbito del ser vivo*. Màster de Recerca en Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma De Barcelona. Recuperado de:

<http://www.uab.cat/servlet/BlobServer?blobtable=Document&blobcol=urldocument&blobheader=application/pdf&blobkey=id&blobwhere=1345662290840>

Morgan, M. S., & Morrison, M. (1999). *Models as mediators: Perspectives on natural and social sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.

Morin, E (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

NAS, National Academy of Science. (2003). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academies Press.

NRC, National Research Council. (1996). *National Science Educational Standards*. Washington. National Academy Press.

OCDE. (2006). Marco de la evaluación, Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos. Recuperado de: <https://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>

Orrego, M. López, A y Tamayo, O. (2013). Evolución de los modelos Explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. No. 1, Vol. 9,Pp. 79-106. Manizales: Universidad de Caldas.

- Ortega, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. Volumen 3 (2), pp. 41 – 60.
- Piriz, Giménez, Nazira. (2016). *Biofísica para la formación del profesorado*. Uruguay. Ediciones Ciencias.
- Quiceno, A. (2015). *Enseñanza-aprendizaje del concepto de membrana celular en estudiantes de básica secundaria*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Manizales, Colombia.
- Reinchenbach, H. (1936) Induction and probability. *Journal Philosophy of Science*, Volumen 3, pp. 124-126.
- Reyes, F, Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. áreas temáticas emergentes de la educación química. *Revista Indagación y resolución de problemas*, Volumen 23(4), pp. 415-421.
- Revel, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las ciencias*, 2005. Número Extra, pp. 1-5. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/13306090.pdf>
- Sanmartí, N. (2003). *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62.
- Revel, A., Adúriz-Bravo, A. (2017). *Modelización y argumentación en la enseñanza de las ciencias experimentales*. Universidad de Buenos Aires. X Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.
- Ruge, L., Mosquera, C. (2018). La modelización en la enseñanza de los conceptos de sustancia y mezcla. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, pp. 1-12. ISSN: 0121-3814
- Salomon Berg, M. (2013). *Biología*. Novena edición. Cengage Learning.

Schwab, J. (1960). Inquiry, the Science Teacher and the Educator. *The School Review*. Vol. 68, No. 2, pp. 176-195.

Starr. (2009). *Biología, la unidad y diversidad de la vida*. Décima segunda edición. México. Cengage Learnig

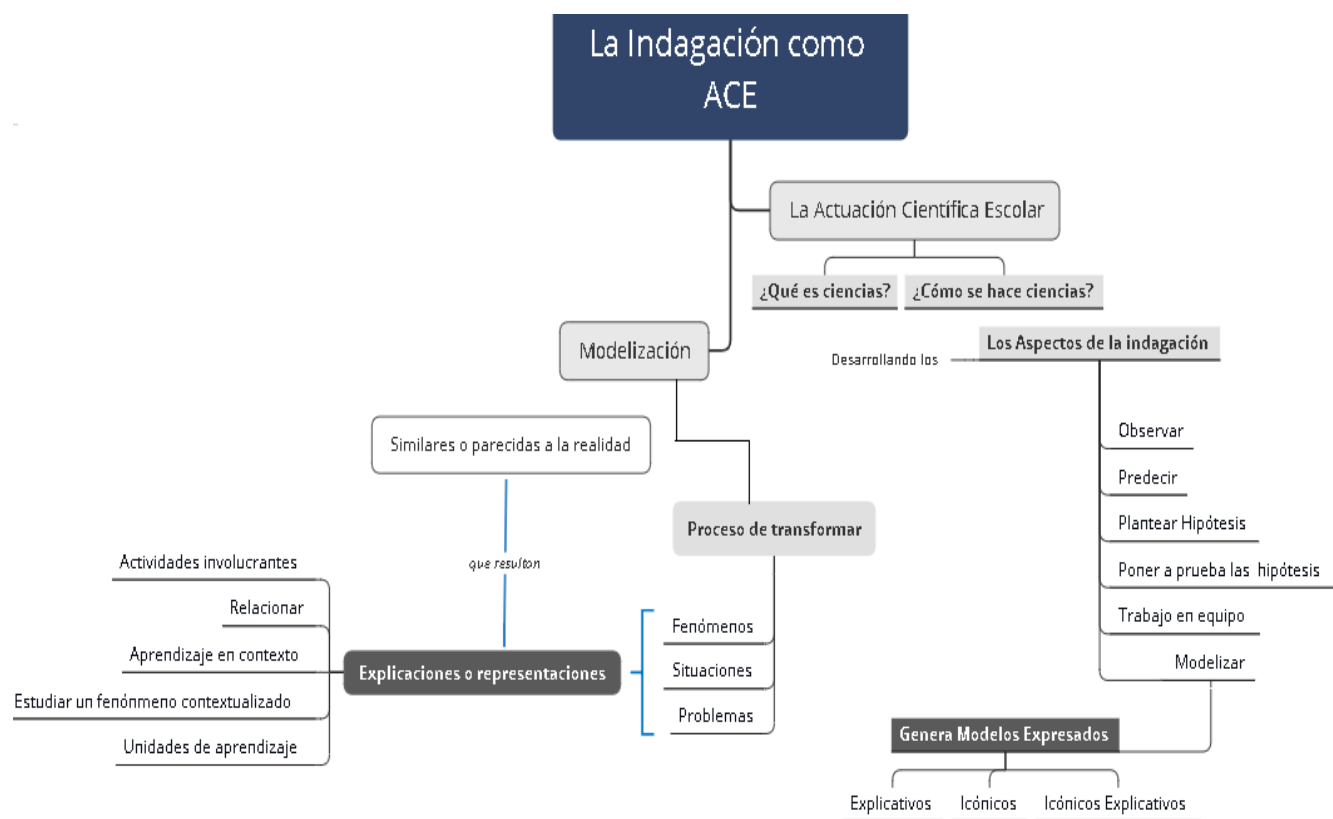
Tamayo y Tamayo, (2004). El proceso de la investigación científica incluye evaluación y administración de proyectos de investigación. *La investigación científica*, pp. 37-40. México. Ed. Limusa

Tuay, R. (2011). *Modelos y modelización como estrategia didáctica para abordar la dualidad-onda partícula*. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. Bogotá.

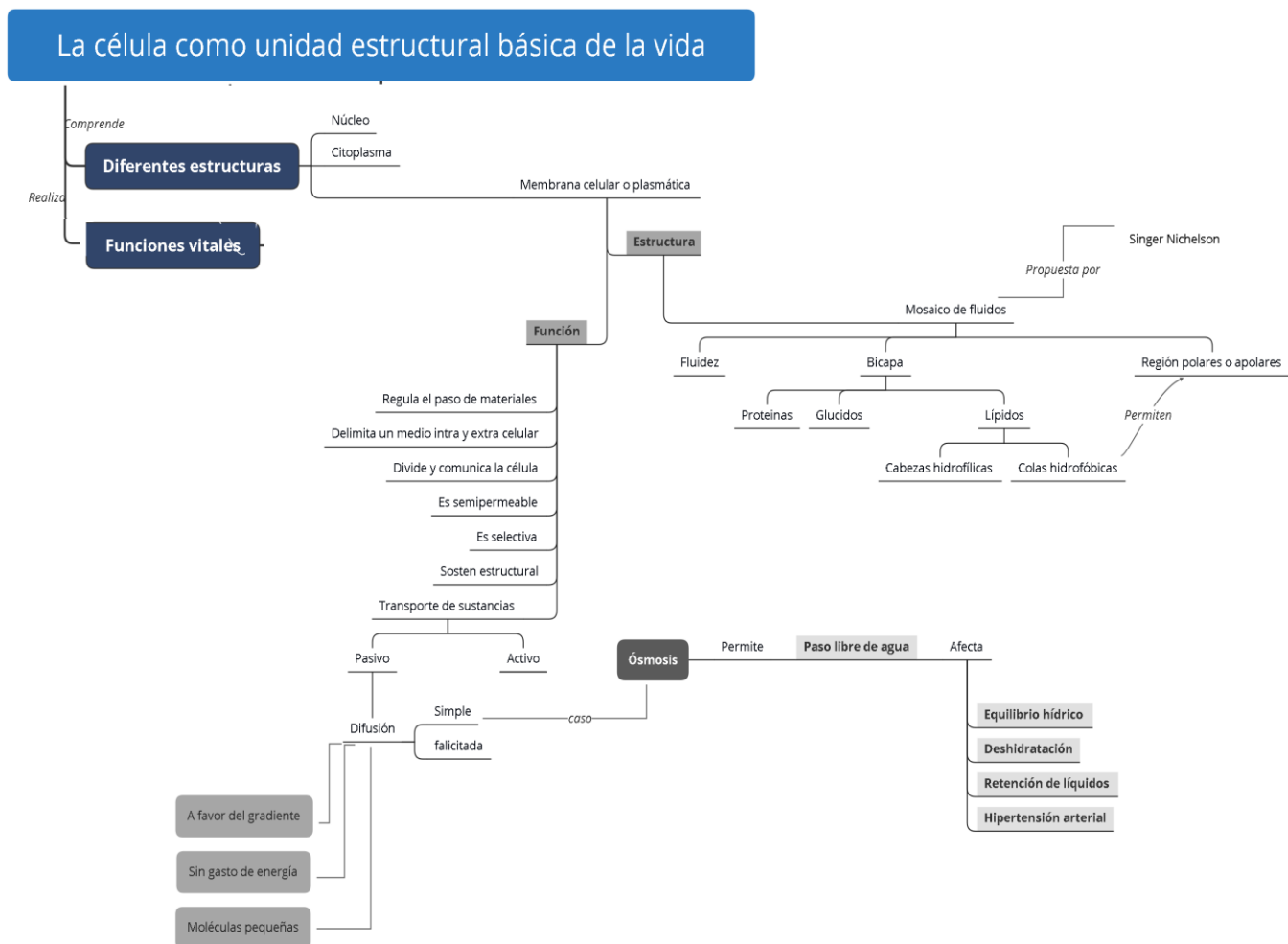
<https://www.asturnatura.com/articulos/envoltura-celular/membrana-plasmatica.php>

Anexos

11.1 Relación entre la indagación y la modelización como ACE,



11.2 Modelo Científico Escolar de Ósmosis



11.3 FASE 1

Título de la Unidad Didáctica: MODELIZANDO EL PASO LIBRE DE AGUA EN CÉLULAS VEGETALES Y ANIMALES

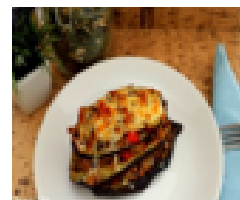
La presente UD, consta de 3 fases, cada una desarrolla un conjunto de actividades que propician el desarrollo de los aspectos de la indagación definidos para efectos de esta investigación, con la intención de que los estudiantes construyan modelos expresados del concepto de Ósmosis, logrando con esto realizar en el aula una auténtica actividad científica escolar (promoviendo en los estudiantes comportamientos similares a los de los científicos).

FASE 1. ¿POR QUÉ SUDAN LAS BERENJENAS?

Name:

Klasse:

Datum:



Situación problema

Camilo por motivo de su cumpleaños, desea ofrecer a sus amigos una deliciosa cena, para ello le pide a su mamá que le prepare una ~~lasagna~~ ^{lasagna} aprovechando las berenjenas del cultivo de su abuelo. Durante la preparación, Martha, la madre de Camilo le pide que corte las berenjenas en rodajas y las coloque en un plato roseándoles sal para evitar que se pongan amargas; él muy dedicado hizo todo lo que la mamá le pidió.

1. Establece inferencias

¿Al cabo de unos minutos, qué crees que observó Camilo en el plato que contenía las berenjenas?

2. Actuando como científicos escolares

En cada grupo de trabajo encontraras torrijas de berenjenas, sal, agua, cajas de Petri y lupas. Anímate a experimentar y a verificar lo planteado en tus ideas.

2.1. En la siguiente página, describe qué harías con estos materiales para confirmar lo observado por Camilo.

Para describir, escribe paso a paso el procedimiento, recuerda identificar los materiales y definir el tema, es decir, ¿qué vas a comprobar?

1. Enumera y dibuja los materiales, describe detalles exactos de las funciones de cada uno de ellos.
2. Describe que vas hacer con ellos (paso a paso).
"Primero llenamos el beaker con 5 ml de agua, luego lentamente veremos..., después... y finalmente..."





2.2. Ejecuten su propuesta. En el recuadro registren imágenes de lo que está sucediendo en las berenjenas. Anoten sus observaciones.



Para el registro, debes tener en cuenta lo que quieres observar y tomar nota permanente de lo que ocurre en cada momento de la experimentación. Utiliza lápiz, papel, fotos, video, etc., para realizar una detallada y atenta observación.



5.2. Comparte tu dibujo con _____ e identifiquen
Nombre del compañero
 semejanzas y diferencias. Anótenlas en la siguiente tabla.

Semejanzas	Diferencias

6. Pensando como científicos escolares

6.1. ¿Qué le sucedió a las células de las berenjenas?

6.2. ¿Por qué fluye agua del interior de las células?

7. Construyendo explicaciones

7.1. Elabora un dibujo, en la hoja anexa, en el que expliques lo que crees que sucede en el interior de las células de las berenjenas, puedes utilizar palabras, flechas, frases, etc.

7.2. ¿Crees que siempre ocurre lo mismo en todas las células? ¿Por qué?

11.4 FASE 2

FASE 2. ¿POR QUÉ SE HINCHAN LOS FRIJOLES AL DEJARLOS EN REMOJO?

Name:

Klasse:

Datum:

1. Analiza y responde

En vacaciones las familias se reúnen y comparten juegos, charlas, paseos y sobretodo alimentos. Por lo general a las abuelas, les encanta preparar los alimentos para complacer a sus hijos y nietos; para ello recurren a sus recetas tradicionales de asados, guisos y sopas o sancochos. Una de las recetas tradicionales más comunes son los frijoles con cerdo, en la cual, las abuelas dejan en remojo los frijoles desde el día anterior.



Petra, la abuela de Juan le pide a su nieto que coloque en remojo una bolsa de frijoles en un recipiente con abundante agua. Al siguiente día, el niño se sorprendió al observar que gran parte del agua contenida en el recipiente había desaparecido.

1.1. ¿Cómo podrías explicarle a Juan lo que sucedió con el agua del recipiente donde se dejaron en remojo los frijoles?

1.2. ¿Qué cambio observó Juan en los frijoles?

1.3. ¿Por qué el agua quedó con una coloración diferente a la inicial?

2. Establece inferencias

Teniendo en cuenta la situación anterior, realiza siguientes actividades:

Representar es hacer presente algo en la imaginación con palabras o figuras (gráficos, dibujos, etc.)



2.1. Realiza un **dibujo** para representar tus ideas sobre por qué se hinchan los frijoles.



2.2. Comparte tu dibujo con _____ = luego identifiquen semejanzas y
Nombre del compañero
 diferencias. Escríbelas en la siguiente tabla.

Semejanzas	Diferencias

3. Pensando como científicos escolares

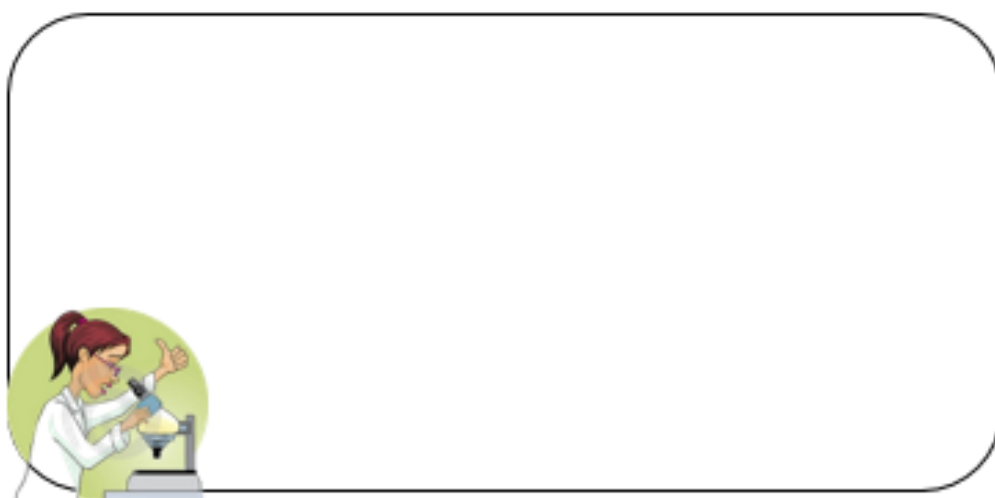
Según lo trabajado en la actividad anterior, imagina que unos científicos construyeron un microscopio que les permite observar lo que ocurre a nivel submicroscópico, por ejemplo, lo que pasaría en las células de un frijol.

Supón que a tu profesor le prestan este instrumento y todos lo pueden utilizar en clase. Usando ojos de microscopios, explica:



3.1. ¿Por dónde crees que entra el agua a los frijoles cuando están en remojo?

3.2. Representa con ojos de microscopio el paso del agua al interior de los frijoles. **Realízalo con un dibujo**, no olvides explicar tu representación.



4. Ósmosis en la cocina

Analiza la siguiente situación:

Un chef desea preparar una deliciosa ensalada para su menú del día, en la cual utiliza como base gran cantidad de lechuga y otros ingredientes. Antes de iniciar la preparación observa que las lechugas están marchitas y decide colocarlas en un recipiente con agua. Al cabo de unos minutos las lechugas cambian.

Teniendo en cuenta la situación anterior responde los siguientes interrogantes.

4.1. ¿Qué crees que le puede suceder a las lechugas al sumergirlas en agua?

4.2. ¿Por qué crees que sucedió lo descrito en la actividad anterior?

5. Verificando hipótesis

5.1. Tomemos las hojas de lechuga y hagamos lo que hizo el chef.

5.2. **Representa con un dibujo** lo que consideras que sucedió al interior de las lechugas, no olvides explicar tu representación



6. Concluye

Lee detenidamente el texto, luego responde los interrogantes.

En el interior de todos los seres vivos suceden un sin número de reacciones químicas que garantizan el crecimiento y desarrollo de un organismo a través de funciones específicas como la nutrición, la respiración, la circulación y la excreción, entre otras. Todas estas reacciones tienen lugar en las unidades funcionales de cada ser vivo: "las células".

Las células de cualquier ser vivo se encuentran en un medio acuoso, que permite el transporte y movilidad de las sustancias de nutrición y desecho; gracias a la presencia de agua a nivel celular, líquido de vital importancia, para mantener el equilibrio hídrico del cuerpo y el principal medio de disolución para cualquier tipo de reacción.

Para que estas reacciones ocurran adecuadamente, es necesario que ese medio acuoso cumpla con ciertas condiciones como, temperatura óptima y concentraciones ideales de electrolitos tales como el sodio (Na^+) y el potasio (K^+). En cada organismo existe una concentración ideal de este tipo de sustancias; si hay un exceso o una falta de ellas en los líquidos corporales y las funciones del organismo se ven fuertemente afectadas.

Para evitar este tipo de desequilibrio a nivel celular, cobra un papel importante el **proceso de ósmosis**, el cual mantiene el equilibrio hídrico y de electrolitos en los seres vivos que permite regular los niveles de agua dentro de las células y por ende en el cuerpo de cualquier organismo vivo; sin este proceso no se daría la regulación de líquidos y la absorción de nutrientes, así los líquidos quedarían acumulados en una parte del cuerpo o se intercambiarían libremente sin cumplir ninguna función en los seres vivos, causando daños a las células de su cuerpo.

6.1. ¿Qué relación encuentras entre la información del texto y lo ocurrido en los frijoles?

6.2. Si comparamos los frijoles con las células de nuestro cuerpo, consideras que les sucede lo mismo en su interior. **Explica tu respuesta.**

6.3. ¿De acuerdo a la respuesta anterior, en qué situaciones de nuestra cotidianidad consideras que las células de nuestro cuerpo retienen el agua? Coméntalo con tus compañeros y lleguen a un consenso en el que puedan explicar su **analogía**.

Las analogías buscan la comparación lógica que pueda existir entre dos conceptos; existen varias tipos de analogías y que pueden ser de sinónimos, causa-efecto, acción, entre otras.



Por ejemplo, la analogía de foca y ratón es que son seres mamíferos. La analogía entre caballo y motocicleta es que son vehículos.



11.5 FASE III

FASE 3. ¿CÓMO INFLUYE LA ÓSMOSIS EN NUESTRAS FUNCIONES VITALES A NIVEL CELULAR?

Name:

Klasse:

Datum:

1. Situación problema

Un niño Wayuu de 7 años de edad llamado Raymi presenta vómito y diarrea continua, sus padres angustiados lo llevaron a la clínica Cedes de Riohacha-Guajira, sitio donde recibió atención prioritaria dejándolo interno. Pasadas algunas horas, los síntomas se agudizan, pero esta vez con mayor frecuencia y de manera incontrolable. Ante este episodio, Malén la madre del niño acude al doctor que lo revisó inicialmente y le comentan que Raymi no ha orinado durante muchas horas, situación que preocupa al doctor y lo lleva a



dirigirse rápidamente a la habitación de Raymi; al revisar sus signos vitales encuentra que el pulso está débil, tenía su ritmo cardiaco en 150 pulsaciones por minuto, la respiración era poco profunda, sus ojos estaban hundidos, su piel y mucosa se encontraban secas.

Ante este cuadro clínico el doctor se preocupa e inmediatamente actúa para mejorar la situación presentada, para ello solicita a la enfermera que le tome a Raymi una muestra de sangre y heces fecales, para realizarle algunos análisis clínicos al igual que una radiografía abdominal. Rápidamente, convoca una junta médica para analizar el caso y tener un diagnóstico clínico que permita establecer un tratamiento efectivo para curar al niño. Pasadas unas horas y teniendo los resultados de los análisis y placa autorizada, el doctor realiza la junta médica, en ella su colega Lafaurie pediatra y epidemiólogo manifiesta que Raymi presenta una infección gastrointestinal por alguna bacteria que adquirió por la ingesta de agua o alimentos contaminados, lo cual se evidencia en los síntomas presentados, teniendo en cuenta que a nivel de las células gastrointestinales existe una alteración en la absorción y secreción de agua y electrolitos a través de la mucosa intestinal; esto desencadena en el paciente una deshidratación aguda (DA) que ocasiona en Raymi pérdida de agua y solutos.

El diagnóstico que se concluyó en la junta médica fue una deshidratación hipertónica, debido a que las células de Raymi presentes en su sistema digestivo, han perdido una cantidad significativa de agua, por lo cual la cantidad de H_2O libre es mayor que la cantidad de agua y electrolitos como Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Zn^{++} , lo que conlleva a que estos se pierdan en gran medida en el las células del paciente, superando los valores de H_2O que requiere el niño para realizar el intercambio de iones que garanticen el equilibrio hídrico, para que las células de su cuerpo,

tejidos, órganos y sistemas poco a poco puedan rehidratarse y a su vez nutrirse con el fin de realizar sus funciones vitales.

De acuerdo al diagnóstico clínico establecido, es necesario llevar a cabo en el organismo de Raymi, un proceso de rehidratación celular que permita recuperar la cantidad de agua y electrolitos perdidos, y de esta manera mejorar su estado de salud.

2. Analicemos

- 2.1. ¿Cuál es el diagnóstico clínico del paciente (Raymi)? ¿Qué situaciones generaron ese diagnóstico?

Para argumentar puede valerte de explicaciones, comparaciones, teoría, etc. para darle validez a tu punto de vista.

3. Establece relaciones

- 3.1. Teniendo en cuenta la respuesta de la actividad 2.1 y retomando las actividades anteriormente realizadas, ¿con cuál de ellas podrías comparar lo que les sucedió a las células de Raymi durante su estado clínico? **Argumenta tus ideas.**



- 3.2. Recuerda las experimentaciones que realizaste en las fases 1 y 2. ¿Con cuál de ellas consideras que podrías representar el proceso de deshidratación a nivel celular? **Justifica tu respuesta.**

- 3.3. Representa por medio de **un esquema o dibujo** lo que crees que ocurrió en las células gastrointestinales de Raymi, después de perder gran cantidad de agua y electrolitos.

- 3.4. Comparte tu modelo con _____ Nombre del compañero ➡ luego identifiquen semejanzas y diferencias. Escríbelas en la siguiente tabla.

Semejanzas	Diferencias

4. Busco soluciones

4.1. Para que las células de Raymi lograran hidratarse ocurrieron algunos procesos en el exterior e interior de ellas. Identifica cuáles procesos de los trabajados en las actividades anteriores, se asemeja con el mecanismo de hidratación. **Argumenta tu respuesta.**

5. Realizo conclusiones

Imagina que has sido escogido como un científico escolar para presentar en la feria de ciencias una ponencia en la que expliques lo que puede suceder en el interior de las células de Raymi recurriendo a las ideas centrales que se estudiaron en cada fase de esta unidad didáctica para modelizar el concepto de ósmosis.



5.1. Después de realizar cada una de las actividades anteriormente planteadas, ¿cuáles son tus conclusiones frente al tema abordado en todas las fases?

Comparte estas conclusiones con tus compañeros

6. Pensando como científicos escolares.

6.1. Representa con ojos de microscopio a través de un modelo lo que crees que puede suceder en el interior de las células de Raymi, una vez inicie un tratamiento de rehidratación para las células en su cuerpo. **Expícalo.**

11.6 Aspecto(s) de la indagación que se desarrolla por actividad

		ASPECTOS DE INDAGACIÓN					
ACTIVIDAD		OBSERVAR	PREDECIR	PLANTEAR HIPÓTESIS	TRABAJAR EN EQUIPO	MODELIZAR	PONER A PRUEBA LAS HIPÓTESIS
FASE 1							
1	¿Al cabo de unos minutos, qué crees que observó Camilo en el plato que contenía las berenjenas?						
2.1	En la siguiente página, describe qué harías con estos materiales para confirmar lo observado por Camilo.						
2.2	Ejecuten su propuesta. En el recuadro registren imágenes de lo que está sucediendo en las berenjenas. Anoten sus observaciones.						
3.1	¿De dónde fluye el agua que contiene el plato?						
3.2	¿Qué estructura de la berenjena debe atravesar el agua para fluir hacia el plato						
4	Discutan las ideas de los interrogantes anteriores, organícenlas y lleguen a un acuerdo grupal.						
5.1	Imagina como si pudieras ver las cosas muy diminutas, debes observar las torrejitas de berenjenas que tienen sal. Dibuja cómo te imaginas que fluye el agua del interior de las células de las berenjenas, explícalo						
5.2	Comparte tu dibujo con _____, e identifiquen semejanzas y diferencias. Anótenlas en la siguiente tabla.						
6.1	¿Qué le sucedió a las células de las berenjenas?						
	¿Por qué fluye agua del interior de las células?						
7	Elabora un dibujo, en la hoja anexa, en el que expliques lo que crees que sucede en el interior de las células de las berenjenas, puedes utilizar palabras, flechas, frases, etc.						
7.2	¿Crees que siempre ocurre lo mismo en todas las células? ¿Por qué?						
FASE 2							
1.1	¿Cómo puedes explicarle a Juan lo que sucedió?						
1.2	¿Qué cambio observó Juan en los frijoles?						
1.3	¿Por qué el agua quedó con una coloración diferente a la inicial?						

2.1 Realiza un **dibujo** para representar tus ideas sobre por qué se hinchan los frijoles.

2.2 Comparte tu dibujo con _____, luego identifiquen semejanzas y diferencias. Escríbelas en la siguiente tabla.

3.1 ¿Por dónde crees que entra el agua a los frijoles cuando están en remojo?

3.2 Representa con ojos de microscopio el paso del agua al interior de los frijoles. **Realízalo con un dibujo**, no olvides explicar tu representación.

4.1 ¿Qué crees que le puede suceder a las lechugas al sumergirlas en agua?

4.2 ¿Por qué crees que sucedió lo descrito en el punto anterior?

5.1 Tomemos las hojas de lechuga y hagamos lo que hizo el chef.

5.2 **Representa con un dibujo** lo que consideras que sucedió al interior de las lechugas, no olvides explicar tu representación

6.1 ¿Qué relación encuentras entre la información del texto y lo ocurrido en los frijoles?

6.2 Si comparamos los frijoles con las células de nuestro cuerpo, consideras que les sucede lo mismo en su interior. **Explica tu respuesta**

6.3 ¿De acuerdo a la respuesta anterior, en qué situaciones de nuestra cotidianidad consideras que las células de nuestro cuerpo retienen el agua? Coméntalo con tus compañeros y lleguen a un consenso en el que puedan explicar su **analogía**.

FASE 3

2.1 ¿Cuál es el diagnóstico clínico del paciente (Raimy)?
¿Qué situaciones generaron ese diagnóstico?

3.1 Teniendo en cuenta la respuesta del punto 2.1 y retomando las actividades anteriormente realizadas, ¿con cuál de ellas podrías comparar lo que les sucedió a las células de Raymi durante su estado clínico?
Argumenta tus ideas.

3.2 Recuerda las experimentaciones que realizaste en las actividades 1 y 2. ¿Con cuál de ellas consideras que podrías representar el proceso de deshidratación a nivel celular? **Justifica tu respuesta**

3.3	Representa por medio de un esquema o dibujo lo que crees que ocurrió en las células gastrointestinales de Raymi, después de perder gran cantidad de agua y electrolitos		
3.4	Comparte tu modelo con _____, luego identifiquen semejanzas y diferencias. Escríbelas en la siguiente tabla.		
4.1	Para que las células de Raymi logaran hidratarse ocurrieron algunos procesos en el exterior e interior de ellas. Identifica cuáles procesos de los trabajados en las actividades anteriores, se asemeja con el mecanismo de hidratación. Argumenta tu respuesta		
5.1	Después de realizar cada una de las actividades anteriormente planteadas, ¿cuáles son tus conclusiones frente al tema abordado en todas las actividades?		
6.1	Representa con ojos de microscopio a través de un modelo lo que crees que puede suceder en el interior de las células de Raymi, una vez inicie un tratamiento de rehidratación para las células en su cuerpo. Explícalo		

11.7 Aspectos y entidades de MC de ósmosis propuesto

ASPECTOS Y ENTIDADES DEL MODELO CIENTÍFICO DE ÓSMOSIS	
ASPECTOS DESARROLLADOS DEL MC DE ÓSMOSIS	ENTIDADES DEL ASPECTO: es la consideración de valor de ese aspecto
COMPOSICIÓN DE LA MEMBRANA CELULAR	Presencia de poros en la membrana celular
	Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular
	Constituida por lípidos
	Formada por una bicapa fosfolipídica
	Cabezas hidrofílicas (aceptan el paso del agua)
	Colas hidrofóbicas (rechazan el paso del agua)
TRANSPORTE DE SUSTANCIAS	Presenta diferentes proteínas
	Paso libre de agua y otras sustancias.
	Presencia de poros en la membrana celular
TONICIDAD CELULAR	Control de electrolitos (sal)
	PROCESO DE ÓSMOSIS
	Paso libre de agua hacia el interior y el exterior o viceversa
	El proceso termina cuando se igualan las concentraciones de solutos.
	MEDIO O SOLUCIONES HIPERTÓNICAS:
	Las células se arrugan o se deshidratan por la pérdida de agua.
	Tiene mayor concentración de solutos (iones, electrolitos, sal o carbohidratos)
	Menor concentración de solvente (agua)
	MEDIO O SOLUCIONES HIPOTÓNICAS:
	Las células aumentan su tamaño, se hinchan o se hidratan por el ingreso de agua.
	Tiene menor concentración de solutos (sal, carbohidratos, iones o electrolitos)
	Mayor concentración de solvente (agua)

11.8 Aspectos y entidades valoradas en los modelos construidos por los estudiantes

ASPECTOS Y ENTIDADES ANALIZADAS EN LOS MCE DE ÓSMOSIS.			
FASES DE LA UD	ASPECTOS DEL MODELO ABORDADOS	ENTIDADES VALORADAS	CANTIDAD
FASE 1 <i>¿Por qué sudan las berenjenas?</i>	Transporte de sustancias TONICIDAD CELULAR: ósmosis en medio hipertónico	Paso libre de agua del interior hacia el exterior Presencia de poros en la membrana celular Control de electrolitos (sal) Paso libre de agua del interior hacia el exterior Presencia de poros en la membrana celular Las células se arrugan-deshidratación de la berenjena Mayor concentración de sal en el exterior celular Menor concentración de agua en el interior de la célula	8
FASE 2 <i>¿Por qué se hinchan los frijoles al dejarlos en remojo?</i>	TONICIDAD CELULAR: ósmosis en medio hipotónico (FRIJOLES) desde una óptica microscópica TONICIDAD CELULAR: ósmosis en medio hipotónico- (LECHUGA) desde una óptica macroscópica	FRIJOLES Paso libre de agua del exterior al interior de la célula Presencia de poros en la membrana celular Presencia de moléculas de fosfolípidos en la membrana celular Las células se hinchan-hidratación de los frijoles Menor concentración de azúcar y carbohidratos disueltos en el exterior de la célula. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula LECHUGA Paso libre de agua del exterior al interior de la célula Presencia de poros en la membrana celular Las células se hinchan-hidratación de la lechuga Menor concentración de vitaminas o minerales disueltos en el exterior de la célula. Mayor concentración de agua en el exterior de la célula	6 5